Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 29 No. 6 1964

Entropie en informatie, als geweten en moraal, in wetenschap en techniek

door J. L. van Soest

Voordracht gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 7 april 1964.

Entropy S, selective information H and descriptive information I are discussed, the latter being, apart from a multiplicative constant k.ln 2, complimentary to entropy. Combination of these quantities, applied to some ensemble, leads to a split off of order- and of disorder-terms; the effect of changes by time is discussed.

"Conscience" is introduced if man has to take care that such changes, due to his activities, are not too great.

"Moral" is introduced in the search for a harmonic, dynamical optimum in between the absolute order and the absolute disorder, that is: between absolute bindedness and absolute freedom.

1. Inleiding

In de vorige eeuw bereikte het fysische beeld van de natuur het klassieke hoogtepunt. In de materialistische opvatting van die tijd meenden velen het wereldgebeuren in de toekomst nog eens exact te zullen leren kennen. Bij de methode der wiskundige analyse waren oneindig-klein en oneindig-groot ingevoerd, en bij de toepassing op het natuurbeeld welhaast tot fysische realiteiten geworden.

Ondanks het grootse, klassieke beeld bleef onbehagen over. Omstreeks de eeuwwisseling brak de idee der statistische, stochastische verschijnselen door; van hier uit kon de klassieke beschouwing aan kritiek worden onderworpen. Men kreeg inzicht in de verschijnselen van fluctuaties, als gevolg van de temperatuurtoestand der materie, waarmee beweging van Brown, diffusie en elektrische fluctuaties samenhingen; men kreeg inzicht in kwan-

teuze fluctuaties, samenhangend met de consequenties van de kwantumtheorie. Het begrip entropie, in de warmteleer oorspronkelijk als een hulpgrootheid ingevoerd, verkreeg een essentiële betekenis in statistische beschouwing. Meettheorie en informatietheorie kwamen in het midden van onze eeuw het beeld vollediger maken. Duidelijk werd gesteld dat het meten en waarnemen van oneindig-kleine en -grote dingen buiten het bereik van de mens liggen en informatie in wezen eindig is. De beide begrippen informatie en entropie werden leidinggevend in de stochastische beschouwingen.

2. Informatie

C. E. Shannon introduceerde in zijn communicatietheorie [1]) het begrip „entropy", daarmee iets formeel-analoogs bedoelend aan het thermodynamische entropie-begrip, niet iets identieks. Teneinde misverstand te vermijden werd in een bijeenkomst van acht deskundigen (Amerikanen, Britten, Fransen, Nederlanders) besloten voortaan over selectieve informatie te spreken. Velen hebben deze afspraak niet gevolgd; misschien was het gekozen woord niet geheel bevredigend.

Twee uiterst eenvoudige voorbeelden, één uit de technische, één uit de fysische sfeer, worden hieronder toegelicht: een telegraafstelsel en een magneetveld met magneetjes.

Het telegraafstelsel, als informatiebron dienend, brengt, als voorbeeld, twee symbolen-soorten voort: + en − pulsen. Het bezit dan maximaal een selectieve informatie $H_{max} = 1$ *bit*; afhankelijk van de eigenschappen van de bron in de produktie van + en − pulsen, ligt de selectieve informatie H tussen 0 en 1; de waarde 0 slaat op het onlogische geval dat het telegraafstelsel òf slechts + òf slechts − pulsen levert en het dus, wat wij kunnen noemen, in "bevroren" toestand verkeert.

Bij het veld van magneetjes veronderstellen wij dat deze twee standen kunnen innemen: rechts en links; ook hier is een selectieve informatie van $H_{max} = 1$ *bit* aan te geven, en wel als de a-priori-waarschijnlijkheden voor „links" en „rechts" in het stelsel beide $\frac{1}{2}$ zijn. De ware situatie wordt beschreven door de grootheid H, wederom tussen 0 en 1 liggend; 0 treedt op in de "bevroren" toestand als alle magneetjes gelijkgericht zijn.

Breidt men in zulke voorbeelden de mogelijkheden van 2 tot n uit, dan gaat H over in de formule:

---

1) Bell Syst. Techn. J. 27 (1948)

$$H = - \sum_{i=1}^{n} p(i) \cdot {}^{2}log\, p(i) \qquad bits \qquad (1)$$

3. Entropie

In het tweede („fysische") geval zal de thermodynamicus zeggen dat als het stelsel, als ensemble beschouwd, overgaat van de bevroren naar een vrijere, gespecificeerde toestand, dit een entropie-verhoging met zich mee zal brengen, groot:

$$\triangle S = H k \ln 2 \qquad (2)$$

waarin k de constante van *Boltzmann* is.

Entropie hangt samen met de waarschijnlijkheid van een ensemble relatief tot een groter geheel, nauwkeurig omschreven in de moderne fysica. Hier kunnen wij volstaan met te schrijven: hoe zeldzamer het ensemble is, hoe geringer de entropie.

4. Descriptieve informatie

Bij informatie- theoretische beschouwing zal men het ensemble onderzoeken op alle selectieve eigenschappen, waarbij het uitvoeren van een selectie voert naar een begrensder ensemble. Hoe groter de entropie in een gegeven ensemble, hoe geringer de benodigde informatieve beschrijving, en omgekeerd.

Ter toelichting van het begrip descriptieve informatie zij een beeld gebruikt, dat zoals elk beeld ergens zijn grenzen heeft waar het mank gaat.

Laat het voorbeeld slaan op de ensembles „dier" en „zoogdier". Na het doen van een aantal selecties kan men van „dier" tot „zoogdier" geraken, zoals een zoölogische systematicus een determinatietabel gebruikt. „Dier" als ensemble heeft dus meer selectiemogelijkheid dan „zoogdier"; zoogdier vraagt méér beschrijving, méér descriptieve informatie om te specificeren: er is méér specificatie nodig, die bijv. met behulp van selecties kan worden uitgevoerd. Het verband van descriptieve informatie I en selectieve informatie H komt verderop ter sprake.

Zij voor het ensemble„dier" de descriptieve informatie I, de entropie S, dan kan men voor „zoogdier" resp. stellen $I + \triangle I$ en $S + \triangle S$, waarin $\triangle I$ positief, $\triangle S$ negatief is:

$$\frac{\triangle S}{k \ln 2} + \triangle I = 0 \qquad (3)$$

S en *I* zijn complementair; de eerste hangt samen met de wanorde, de tweede met de orde in hetgeen beschouwd wordt. Men kan spreken van een behoudsprincipe van entropie en (descriptieve) informatie.

Het is niet moeilijk van het hierboven gegeven beeld uit de levende natuur over te stappen naar een voorbeeld uit de fysica, dat wellicht minder sprekend, maar tevens veiliger is voor verkeerde interpretatie.

I hangt samen met wat door *D. M. Mac Kay* [2]) als „scientific" information is geponeerd.

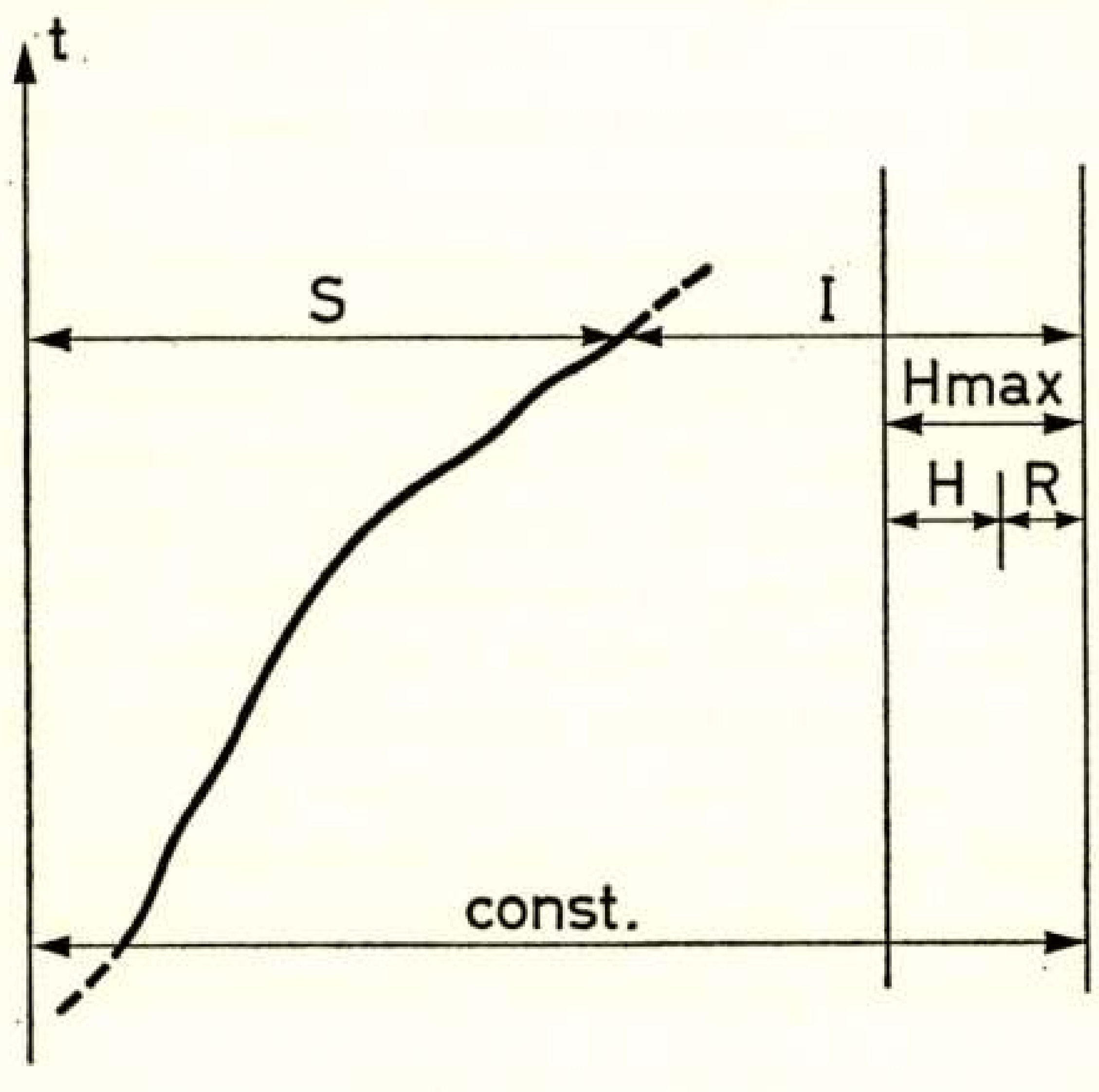
Voor ensembles van ingewikkelde samenstelling zijn *S* en *I* nauwelijks voor berekening vatbaar; daarentegen zijn de veranderingen in deze grootheden wel meer voor berekening vatbaar, form. (3).

5. *S*, *H* en *I* tezamen

Hoe komt de selectieve informatie *H* nu in dit verband van *S* en *I* te voorschijn? Wanneer men een ensemble (*S*, *I*), in de ruimste zin genomen, als informatiebron kan beschouwen, dan beschikt deze bron over een maximale selectieve informatie:

$$H_{max} = H + R \tag{4}$$

waarin *H* de werkelijke selectieve informatie is, die de bron bezit, en *R* de redundantie (in absolute zin, niet in relatieve zoals



[2]) Phil. Mag. 41 (1950)

veelal gebruikelijk is). R is de beperking, die aan de bron is opgelegd door de vastgelegde wetten van de code, de grammatica in de ruimste zin van de taal, van de eigenschappen van het taaleigen, enz. R is het orde-element[3]), H het wanorde-element in deze informatiebron; R geeft het gebondene, H het vrije er in weer.

Deze informatiebron vormt een deel van het ensemble (S, I); hoe komt deze daarin tot uiting? Blijkbaar is uit I een part H_{max} aan selectiemogelijkheid afgezonderd, doch daarna een part R er weer aan toegevoegd, omdat de bron — na vaststelling van de code, enz. — daarover niet de vrije beschikking heeft.
Men krijgt dan:

$$\left\{\frac{S}{k\, ln\ 2} + H\right\} + \left\{I - H_{max} + R\right\} = const. \qquad (5)$$

Wanorde- en ordegrootheden zijn bijeengebracht in groepen, met accolades voorzien. In de praktijk van de ingenieur, met zijn gecompliceerde artefacten als communicatie- en meetsystemen, is H_{max} vrijwel steeds een kleine, vaak zéér kleine fractie van I.

6. **De tijd** t

Een verandering der grootheden met de tijd kan worden betrokken op:

$$\frac{\triangle}{\triangle t}\left\{\frac{S}{k\, ln\ 2} + H\right\} + \frac{\triangle}{\triangle t}\left\{I - H_{max} + R\right\} = 0 \qquad (6)$$

Het tweede postulaat der thermodynamica leert dat $\triangle S/\triangle t$ een niet-negatieve waarde bezit en positief is voor irreversibele processen, dus overal waar dissipatie optreedt: het ensemble is op weg naar zijn warmtedood. In hoofdzaak impliceert dit dat $\triangle I/\triangle t$ dan negatief is. Er treedt slijtage, degradatie, vervlakking of erosie, ontordening op, of hoe men het noemen wil.

$\triangle H/\triangle t$ kan men in bits/sec beschrijven. Uit hetgeen de maxwelldemon ons heeft geleerd, ontmaskerd door *L. Szilard* (1929)[4]), en dit nog eens nader bevestigd door de informatietheorie, weet men dat het ideale relais bij een standwijziging, die 1 bit aan selectieve informatie levert, $k\, T\, ln\ 2$ aan vrije energie verbruikt en in warmte dissipeert; hierin is T de absolute temperatuur.

Een informatiebron, welke $\triangle H/\triangle t$ aan informatie per sec. levert, veroorzaakt dus minstens een dissipatie $\triangle H/\triangle t\, kT\, ln\ 2$

[3]) J. L. van Soest, Statist. Neerl. 14 (1960)

[4]) Zt. f. Physik 53 (1929

per sec. en veroorzaakt dus minstens een entropieverhoging $\triangle H/\triangle t\ k\ ln\ 2$ per sec. Deze gaat òf ten koste van vermindering van I met de waarde $\triangle I/\triangle t$ òf moet worden geleverd door een vermogenstoevoer aan het ensemble, groot $\triangle H/\triangle t\ kT\ ln\ 2$. Dit laatste komt niet in verg. (6) tot uiting omdat deze is opgezet onder de veronderstelling van een energetisch-afgesloten systeem.

Men kan de algemene samenhang van entropie en informatie, veranderend met de tijd, in een figuur uitbeelden. Dit beeld laat toe allerlei gebeurtenissen na te gaan, welke zich in de loop van de tijd voltrekken. Men kan bijv. het verloop van een door de tand des tijds slijtende grammofoonplaat nagaan; het valt buiten het bestek van deze voordracht.

7. Geweten

Met „geweten" en „moraal" treedt deze voordracht buiten het fysisch-technische terrein. Daardoor treden subjectieve beschouwingen op de voorgrond en worden de definities ten dele vager.

De mens, bewust of onbewust, wordt gedurende zijn gehele leven geconfronteerd met het verschijnsel van entropieverhoging. Voor de instandhouding van zichzelf en ten behoeve van zijn nakomelingschap en zijn gemeenschap, moet de mens processen volbrengen, die zijn milieu een belangrijke entropieverhoging bezorgen. Wil men mens en milieu als één (afgesloten) systeem beschouwen, dan kan men van deel-entropiën spreken.

Daarmee is hij in staat zijn eigen levensduur opvallend groot te maken. De maxwelldemon, symbool aan de rand van het leven, gaat rechtstreeks, verhongerend zijn dood tegemoet.

In deze actie kan de mens met en zonder verantwoordelijkheidsgevoel te werk gaan; dààr ligt een gewetensvraag. Vergroting van entropie in het milieu betekent vergroting der wanorde, ruis en warmtedood, statistische nivellering en informatievermindering. En dat betekent tevens verminderde mogelijkheid voor hem om in de toekomst van de vrije energie te snoepen uit de omgeving, die hij, die zijn gemeenschap en die zijn nageslacht behoeft.

Talrijk zijn de waarschuwingen, die tot de mensheid gericht worden. „God schiep de Natuur, de mens de woestijn", heeft *Baas Becking* eens gezegd.

Schweitzer schreef: „de mens kan niet meer voorúitzien en voorkómen; tenslotte zal hij de Aarde vernietigen".

Inderdaad, de huidige mens, zich Heer op Aarde voelend, beheert haar slecht, bijzonder slecht. Hij vernietigt zijn milieu. Hij vergiftigt de lucht, hij bederft het water, hij mergelt de grond uit. Hij verslindt energie, hoe vaak onnodig en met slecht rendement. Heeft de mensheid over deze dingen een geweten? Ongetwijfeld! Maar komt dit in onze maatschappij tot uiting? Nauwelijks! In het huidige tijdsbestek staat alles in de schaduw van een economische orde en visie. Soms staan deze visie en dit geweten diametraal tegenover elkander, soms gaan ze parallel.

Diametraal staan ze, als wij bossen kappen om stapels reclamepapier in onze prullemand te laten verdwijnen. Diametraal als — zoals kort geleden — uitgesproken werd dat de bossen in Nederland beter gekapt konden worden omdat ze, economisch gezien, niet rendabel zijn.

Parallel daarentegen als wij, als ingenieurs, trachten onze machines een hoger energierendement te verschaffen; parallel ook als wij, informatie-ingenieurs, trachten onze informatieverwerkende machines een hoger informatierendement te geven. Allerbedroevendst slecht is dit nog, als men dit rendement door H/I kan uitdrukken; gecompliceerde toestellen (I groot) zijn nodig om een kleine H van luttele bits te verschaffen; hun manipulatie levert, naast H, een belangrijke, ongewenste entropietoename.

8. Orde en wanorde; gebondenheid en vrijheid

In formule (5) zijn de grootheden gegroepeerd in een groep, die wanordetermen aangeeft en een, die de ordetermen aangeeft; de constante na het gelijkteken geeft aan de waarde van zulk een groep als de andere nul is, resp. dus als er totale wanorde of totale orde in het ensemble heerst. De graad van wanorde is de waarde van de groep wanordetermen, gedeeld door die contstante; de graad van orde wordt op overeenkomstige wijze gegeven. De som der beide graden is dan één.

Terugkomend op wat orde en wanorde in het ensemble betekenen, kan gezegd worden dat de graad van orde dat deel is hetwelk deterministisch, als beschrijving kan worden vastgelegd. Het bindt de elementen van het ensemble bijeen in hun gezamenlijke eigenschappen en het geeft daarom de gebondenheid daarin aan. In een communicatiestelsel bijv. bevat het de descriptieve informatie (I) van het stelsel met uitzondering van een

part, waarin het stelsel (tot H_{max}) de vrijheid wordt gegeven de wisselende en gevarieerde boodschappen door te geven. Deze vormen een stochastisch proces, met een code of taal als uitdrukkingsvorm. Dit proces echter is met een redundantie (R) behept, die deze vrijheid weer beperkt, want de code of taal hebben hun regels, die op hun beurt een gebondenheid aangeven; deze regels zijn de code- of taalwetten, terug te vinden in de grammatica, de spellings- en uitspraakregels soms in het dialect of het individuele taaleigen van spreker of schrijver.

Het verschil $H_{max} - R = H$ vindt men als vrijheidsterm terug bij de wanordeterm van thermodynamische aard $S/k \ ln \ 2$, die samen de graad van wanorde in het ensemble bepalen.

Voor graad van orde mag men dus ook stellen: graad van gebondenheid, voor graad van wanorde: graad van vrijheid.

Alleen in de gedachte kan men ensembles aangeven waarbij òf de graad van orde òf de graad van wanorde 0 is, orde resp. wanorde dus ontbreken; het zijn limieten, die men in werkelijkheid niet aantreft.

De toestand, waarbij het stel ordetermen 0 is, zou een toestand betekenen van grootst mogelijke wanorde, een volledige chaos en warmtedood. De toestand, waarbij het stel wanordetermen 0 is, zou er een betekenen van totale orde, een volledige vastlegging door deterministische regels, zonder vrijheid, een totale bevriezing of koudedood.

9. **Mensengemeenschap**

In een mensengemeenschap [5]) zou men deze limieten mogen vergelijken met de absolute anarchie en de absolute dictatuur. In de eerste zou de individu alle vrijheid hebben, geen enkele gebondenheid, in de tweede geen enkele vrijheid en totale gebondenheid.

Tussen deze onbereikbare uitersten zal de feitelijke toestand van de gemeenschap liggen met een zekere graad van wanorde en van orde.

10. **Informatiebron**

Wij mogen eenzelfde beschouwing óók betrekken op organieke delen van een ensemble, bijv. op dat deel dat zich tot een feitelijke informatiebron beperkt, die wij door H_{max}, H en R hebben beschreven. Bij beschouwingen van zulke delen lijken de boven-

[5]) J. L. van Soest, Synthese 9.3 (1954)

genoemde limieten minder onbereikbaar dan in het grotere geheel. Als $H = 0$, d.w.z. als de informatiebron geen vrijheid van selectie meer heeft, is deze in de, meest niet-bedoelde, bevroren toestand; als $R = 0$ valt alle gebondenheid weg en kan de bron vrij, binnen de aangegeven grens H_{max}, selecteren; in dat geval is de code een random-proces gelijk, want grammaticale regels bestaan er dan niet.

De feitelijke toestand van een ensemble ligt - zoals gezegd - tussen totale orde (gebondenheid) en totale wanorde (vrijheid). Als de informatiebron een moderne taal produceert, ligt H ongeveer bij $^1/_3\, H_{max}$, R ongeveer bij $^2/_3\, H_{max}$, dus de graad van vrijheid is $^1/_3$, van gebondenheid $^2/_3$. Kennelijk heeft deze toestand zich ingesteld als een dynamisch optimum, dat door allerlei factoren beheerst wordt. Hier gebruiken wij dus $^1/_3$ van de beschikbare H_{max} op vrije wijze. Gaat de technicus de taalboodschap coderen of moduleren, zo kan hij, afhankelijk van de gekozen voorwaarden, deze waarden binnen de grenzen 0 en 1 omlaag of omhoog brengen. Het technische stelsel vindt hierbij een nieuw optimum, waarin technische zuinigheid en economische overwegingen mee in het geding komen.

11. Harmonie

Laten wij nog eens terugkomen op de mensengemeenschap, die in hoge mate een organiek stelsel is, dat door informatische acties wordt bepaald en bijeengehouden. De plaats, die de gemeenschap inneemt ergens tussen anarchie en dictatuur, wordt bepaald door het dynamische optimum in de sociale en politieke opvatting van de individuen der gemeenschap. Op die plaats heeft de gemeenschap haar harmonie [6]) bereikt, geen statisch evenwicht maar een dynamisch; dit wordt bepaald door het statistisch gewicht, dat de individuen aan vrijheid en gebondenheid toekennen.

In de historie van de mensheid treden in die plaats voortdurend verschuivingen op; verwezen kan bijv. worden naar de motieven van de Franse revolutie en het oorspronkelijke liberalisme, anderzijds naar de dictaturen van het nationaal-socialisme en het communisme; in zekere mate ook naar de bureaucratische tendenzen, waaronder wij in het Westen leven en de zich wijzigende economische en sociale regels.

Hoe stelt zich in een willekeurig ensemble de toestand van

[6]) J. M. L. van Soest-Wijtman, Mens en Kosmos (Nov. 1954)

een dynamisch optimum in? In de levenloze natuur geschiedt dit volgens een door deterministische en statistische wetten gegeven verhouding tussen orde en wanorde. Bij de artefacten — levenloos, maar uit de geest des mensen geboren en iets van zijn aard meedragend — ontstaat de harmonische toestand mede door onze bemoeiens en wil. In de levende natuur — en laten wij de mens als voorbeeld nemen — zoekt het individu met eigen wil, binnen de grenzen die het milieu stelt, deze harmonie. In de gemeenschap geschiedt dit als een resultaat van alle willen tezamen; in de volledige idee der democratie is dit met gelijk statistisch gewicht.

12. **Moraal**

Nu de wil in het betoog betrokken is, kan ook de moraal ter sprake komen. De moraal toch is de leer der plichten en deugden, zaken die onze wil binnen grenzen houden en die er leiding aan moeten geven. Met onze wil doen wij, wat onze moraal ons ingeeft. Moraal is de a-posteriori-conclusie uit het verleden, gebruikt als de a-priori-leidraad voor de toekomst.

In de definitie van moraal suggereren de twee woorden plichten en deugden een twee-dimensionaal probleem, maar ongetwijfeld is moraal een meerdimensionaal probleem; één der dimensies — die der plichten — is te leggen langs de zo juist beschreven baan tussen vrijheid en gebondenheid: op méér dimensies slaat de hier gegeven beschouwing niet. Het zoeken naar de harmonie langs deze baan, behoort tot onze moraal, en wel haast bij elk probleem dat wij onder handen hebben.

Manuscript ontvangen 27 september 1964.

De elektronica in dienst van de elektromechanica

door J. G. Niesten *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 11 december 1963.

Summary

Modern research in electromechanics has been stimulated to a great extent by new possibilities of solid state electronics, among other things in the fields of instrumentation and static switching.

In the field of instrumentation the electronic stimulators ask for our special attention as these make it possible to solve the complicated — often nonlinear — relations which describe the dynamic behaviour of electromechanical components.

As an illustration the transient phenomena recorded by experiments with an electromagnet are compared with the results obtained from an analogue computer. The electromagnet was built for educational purposes as a counterpart of the well-known generalised electric machine.

The rapid development of controlled rectifiers opens wide perspectives for their application as switching elements for electromechanical purposes. Two examples: the thyristorised machine commutator and the ditto pulse generator with continuously variable pulse width are more closely reviewed. The electronic commutator is used as a replacement of the mechanical one, the pulse generator supplies a generalised electric machine connected as a d-c series motor.

Inleiding

In de loop van het jaar 1963 bereikte mij het verzoek om voor een in Eindhoven te houden vergadering van uw Genootschap een voordracht te houden over nieuwe ontwikkelingen binnen mijn vakgebied, hetwelk zich met de omzetting van elektrische in mechanische energie en vice versa bezighoudt; de elektromechanica.

Aangezien naar mijn stellige overtuiging een aanzienlijk deel van de vruchten van deze ontwikkelingen te danken is aan „bestuiving" vanuit de elektronica heb ik gemeend, de voordracht onder bovenstaande titel te moeten houden.

*) Technische Rijkshogeschool, Eindhoven.

Gaarne zou ik in het volgende meer in het bijzonder uw aandacht willen vragen voor enkele facetten van het elektronisch *instrumenteren* en het elektronisch *schakelen* in de elektromechanica.

1. Het elektronisch instrumenteren in de elektromechanica; de elektronische rekenmachine

Wanneer men in één of andere tak van de techniek over dienstbetoon van de elektronica spreekt is de kans bijzonder groot, dat men daarbij in de eerste plaats aan elektronische instrumentatie denkt. Het behoeft uiteraard geen betoog, dat de alom bekende elektronische meetinstrumenten als buisvoltmeters, golfanalysatoren en oscilloscopen (al dan niet met geheugen) ook binnen de elektromechanica een bijzonder belangrijke rol spelen. Wel zou ik in dit verband uw speciale aandacht willen vragen voor de elektronische rekenmachines. Mij in het volgende kortheidshalve beperkende tot het analogon-type wil ik hier nadrukkelijk stellen, dat de gecompliceerde- veelal *niet-lineaire-differentiaalvergelijkingen* welke het voor regeling en automatie zo belangrijke dynamische gedrag van elektromechanische componenten beschrijven, dank zij deze machine tot oplossing gebracht kunnen worden.

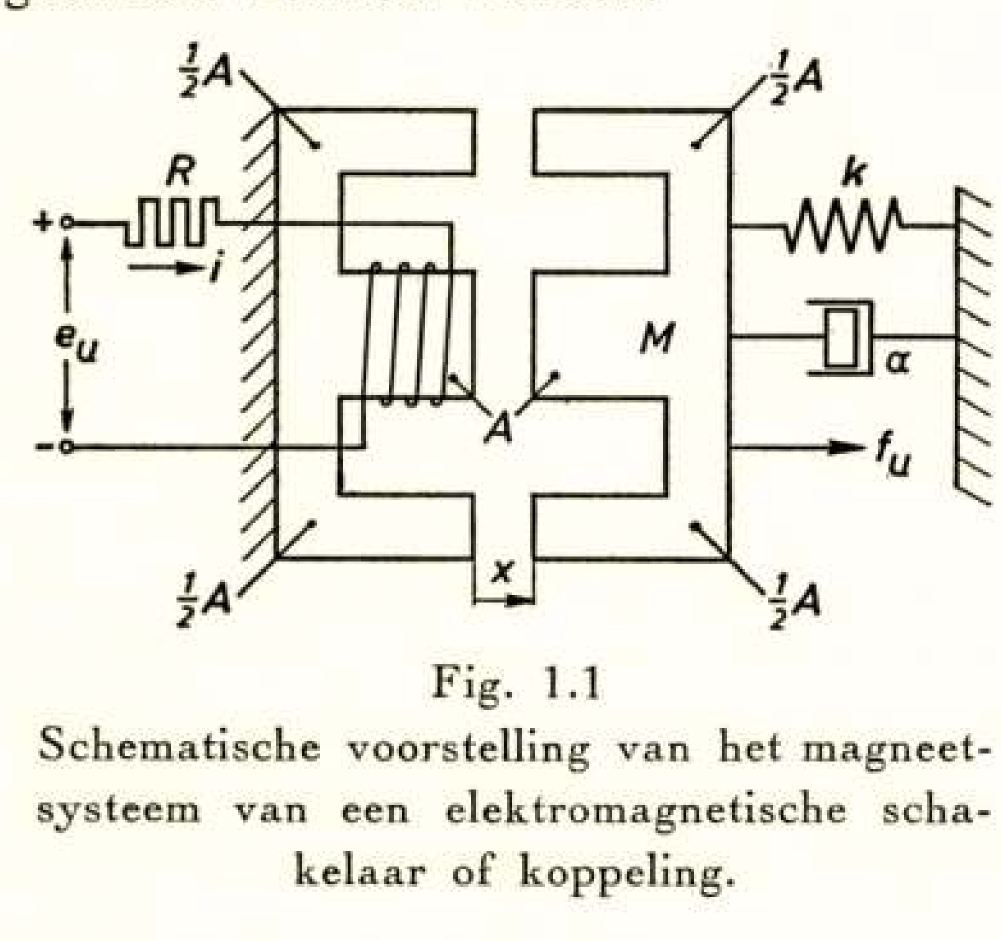


Fig. 1.1
Schematische voorstelling van het magneetsysteem van een elektromagnetische schakelaar of koppeling.

Ter toelichting moge het thans volgende, eenvoudige voorbeeld dienen; het heeft betrekking op de werking van een elektromagnetische schakelaar of dito koppeling, waarvan het magneetsysteem — schematisch voorgesteld in fig. 1.1 — uit een bron van constante gelijkspanning wordt gevoed.

Het spanningsevenwicht in het elektrische circuit wordt vertolkt door de tweede wet van Maxwell, welke onder inachtneming van de elementaire wet van Ohm als volgt kan worden genoteerd:

$$e_u - \frac{d\Phi}{dt} - Ri = 0 \qquad (1.1)$$

Hierin stelt

e_u de opgedrukte klemspanning,

Φ de met het elektrische circuit gekoppelde magnetische flux,

R de weerstand van het elektrische circuit,

i de sterkte van de stroom in het elektrische circuit

en

t de tijd voor.

De uitdrukking voor het „spannings"-evenwicht in het magnetische circuit, weergegeven door de eerste wet van Maxwell, kan in de veronderstelling, dat de permeabiliteit van het ferromagnetische deel van het circuit oneindig groot is en — als gevolg daarvan — alle N windingen van de bekrachtigingswikkeling met dezelfde magnetische flux zijn gekoppeld, na enige herleiding worden gegoten in de vorm

$$Ni - \frac{2x}{\mu_0 A} \frac{\Phi}{N} = 0$$

of (1.2);

$$\Phi = \mu_0 A N^2 \frac{i}{2x}$$

hierin stelt A het oppervlak van de middenpoot van de E-kern voor en bepaalt de grootheid x de plaats van het bewegende deel (anker) ten opzichte van het vaste deel (kern) van het magneetsysteem.

Aan de mechanische zijde van de omzetter zal de som van de „opgedrukte" kracht (de uitwendige kracht f_u) en de „inwendige" kracht van elektromagnetische oorsprong (de kracht f_e) te allen tijde in evenwicht moeten zijn met de som van versnellingskracht, wrijvingskracht en veerkracht.

Kiezen we de positieve richtingen van f en x zoals aangegeven in fig. 1.1 dan kan dit evenwicht, in de veronderstelling dat de wrijvingskracht recht evenredig met de snelheid van de beweging verloopt en de veer niet boven de proportionaliteitsgrens wordt belast, worden beschreven met behulp van de betrekking (1.3) waaraan de naam *d'Alembert* is verbonden:

$$f_u + f_e - \left(M \frac{d^2 x}{dt^2} + a \frac{dx}{dt} + k\,(x - g_0) \right) = 0 \qquad (1.3);$$

hierin stelt

M de massa van het bewegende deel van de omzetter,
a de absolute waarde van de wrijvingskracht per eenheid van snelheid (de visceuze wrijvingscoëfficiënt),
k de absolute waarde van de veerkracht per eenheid van verplaatsing (de veerconstante)
en kg_0 de waarde van de veerkracht bij de positie $x = 0$ voor.

Voor een nadere interpretatie van het door (1.3) beschreven krachtenevenwicht is het uiteraard noodzakelijk om het verloop van de inwendige kracht van elektromagnetische oorsprong naar stroom en plaats te leren kennen. Onderwerpen we het betreffende elektromechanische systeem thans aan een energiebeschouwing, dan kan aan de energiebalans van het systeem als geheel worden ontleend, dat

$$f_e = \frac{\partial}{\partial x} \int \Phi\,(i)_{x=const.}\,di \qquad (1.4)$$

moet zijn [1].
Eliminatie van de grootheden f_e en Φ uit het viertal, in het voorgaande genoemde evenwichtsbetrekkingen doet het aantal basisrelaties tot twee reduceren, te weten

$$e_u - \tfrac{1}{2}\mu_0 AN^2 \frac{d}{dt}\left(\frac{i}{x}\right) - Ri = 0 \qquad (1.5)$$

$$f_u - \tfrac{1}{4}\mu_0 AN^2 \left(\frac{i}{x}\right)^2 - M\frac{d^2x}{dt^2} - a\frac{dx}{dt} - k\,(x - g_0) = 0 \qquad (1.6)$$

In deze *twee basisrelaties* — in de vakliteratuur veelal met de naam „bewegingsvergelijkingen" („equations of motion") aangeduid — komen *vijf variabelen* voor, te weten de elektrische grootheden e_u en i, de mechanische grootheden f_u en x, alsmede de tijd t. Er ontbreekt dus nog *een tweetal voorwaarden*, alvorens elk der zojuist genoemde grootheden in één van de anderen kan worden uitgedrukt.

Zo kunnen we de elektromechanische omzetter overeenkomstig fig. 1.1 ter bepaling van zijn gedragingen bijvoorbeeld steeds *één bepaalde mechanische grootheid* (f_u of x, *c. q.* $\dot{x}$, *c. q.* $\ddot{x}$) en *één bepaalde elektrische grootheid* (e_u of i) *opdrukken*.

Zijn f_u en e_u, respectievelijk i gegeven, dan kan de wijze waarop de grootheden x en i, respectievelijk e_u van elkaar en van de andere variabelen — f_u en t — afhangen met behulp van de relaties (1.5) en (1.6) worden vastgesteld.

Evenzo kan, indien de grootheden x en e_u, respectievelijk i gegeven zijn, de wijze waarop de grootheden f_u en i, respectievelijk e_u van elkaar en van de andere variabelen — x en t — afhangen, aan de hand van de relaties (1.5) en (1.6) worden onderzocht.

We nemen thans de vrije beweging van het anker van een magneetsysteem conform fig. 1.1 in studie voor het geval, dat de magneetspoel ten tijde $t = 0$ op een gelijkspanningsbron (spanning U) wordt aangesloten:

$$f_u = 0$$

$$e_u = U \, . \, 1\,(t)$$

Beperken we ons voorts tot de situatie, waarbij de ankerbeweging geen wrijving ondervindt en ook niet onderhevig is aan de werking van een veer, maar bij een luchtspleetwaarde, overeenkomende met één tiende gedeelte van die in „open" toestand van het systeem (X_0) door een aanslag (wrijvingscoëfficiënt a, veerconstante k) wordt gestuit:

$$a = 0 \quad \text{en} \quad k = 0 \quad \text{voor} \quad x > 0{,}1\,X_0$$

$$a \neq 0 \quad \text{en} \quad k \neq 0 \quad \text{voor} \quad 0{,}1\,X_0 \geqq x\,(> 0) \quad ,$$

dan nemen de bewegingsvergelijkingen (1.5) en (1.6) voor dit geval na enige herleiding de thans volgende, dimensieloze gedaante aan:

$$-\,1\,(\overset{*}{t}) + \frac{d}{d\overset{*}{t}}\left(\frac{\overset{*}{i}}{\overset{*}{x}}\right) + \left(\frac{\overset{*}{i}}{\overset{*}{x}}\right)\overset{*}{x} = 0 \qquad (1.7)$$

$$\tfrac{1}{2}\,\overset{*}{\varepsilon}\left(\frac{\overset{*}{i}}{\overset{*}{x}}\right)^2 + \frac{d^2\overset{*}{x}}{d\overset{*}{t}^2} + \overset{*}{a}\,\frac{d\overset{*}{x}}{d\overset{*}{t}} + \overset{*}{k}\,(\overset{*}{x} - \overset{*}{g}_0) = 0 \qquad (1.8);$$

hierin is

$$\overset{*}{i} = \frac{i}{I} \qquad \text{met} \qquad I = \frac{U}{R}$$

$$\overset{*}{x} = \frac{x}{X_0} \qquad \text{en} \qquad \overset{*}{g}_0 = \frac{g_0}{X_0} = 0{,}1$$

$$\overset{*}{t} = \frac{t}{\tau_0} \qquad \text{met} \qquad \tau_0 = \frac{L_0}{R}\,, \text{ waarin } L_0 = \frac{\mu_0 A N^2}{2 X_0}$$

$$\overset{*}{\varepsilon} = \frac{\frac{1}{2} L_0 I^2}{\frac{1}{2} M \left(\frac{X_0}{\tau_0}\right)^2}$$

$$\overset{*}{a} = \frac{\tau_0}{M}\, a$$

$$\overset{*}{k} = \frac{\tau_0^2}{M}\, k$$

Bij het oplossen van de beide niet-lineaire differentiaalvergelijkingen (1.7) en (1.8) werd dankbaar gebruik gemaakt van de analogon-rekenmachine; de elementen zijn in dit geval geschakeld overeenkomstig fig. 1.2. Fig. 1.3 toont het verloop van de dimensieloze stroom als functie van de dimensieloze tijd waarbij de waarde van de dimensieloze luchtspleet op het tijdstip $t = 0$ als parameter fungeert; $\overset{*}{\varepsilon} = 0{,}08128$, $\overset{*}{a} = 51{,}10$ en $\overset{*}{k} = 1460$.

Het aldus berekende stroomverloop kan enigermate worden doorzien, indien we de betrekking (1.7) als volgt noteren:

$$\frac{d\overset{*}{i}}{d\overset{*}{t}} = \overset{*}{x}\left[1\,(\overset{*}{t}) - \left(1 - \frac{1}{\overset{*}{x}{}^2}\frac{d\overset{*}{x}}{d\overset{*}{t}}\right)\overset{*}{i}\right]$$

Direct na inschakeling, wanneer het beschouwde elektromagnetische systeem nog juist stroom- en bewegingsloos is, geldt

$$\left(\frac{d\overset{*}{i}}{d\overset{*}{t}}\right)_{\overset{*}{t}=+0} = (\overset{*}{x})_{\overset{*}{t}=+0} \qquad ;$$

de eerste fluxie van de dimensieloze bekrachtigingsstroom wordt op dit tijdstip uitsluitend bepaald door de — in ons geval als parameter fungerende — waarde van de dimensieloze luchtspleet in „open" toestand van het systeem. Dat de stroomfluxie bij toenemende stroom kleiner wordt kan in het onderhavige geval niet slechts aan het dimensieloze ohmse spanningsverlies ($\overset{*}{i}$) worden geweten, maar moet mede worden toegeschreven aan de dimensieloze translatiespanning $-\frac{\overset{*}{i}}{\overset{*}{x}{}^2}\frac{d\overset{*}{x}}{d\overset{*}{t}}$, welke met name verantwoordelijk is voor het optreden van de duidelijk waarneembare deuk in het stroomverloop.

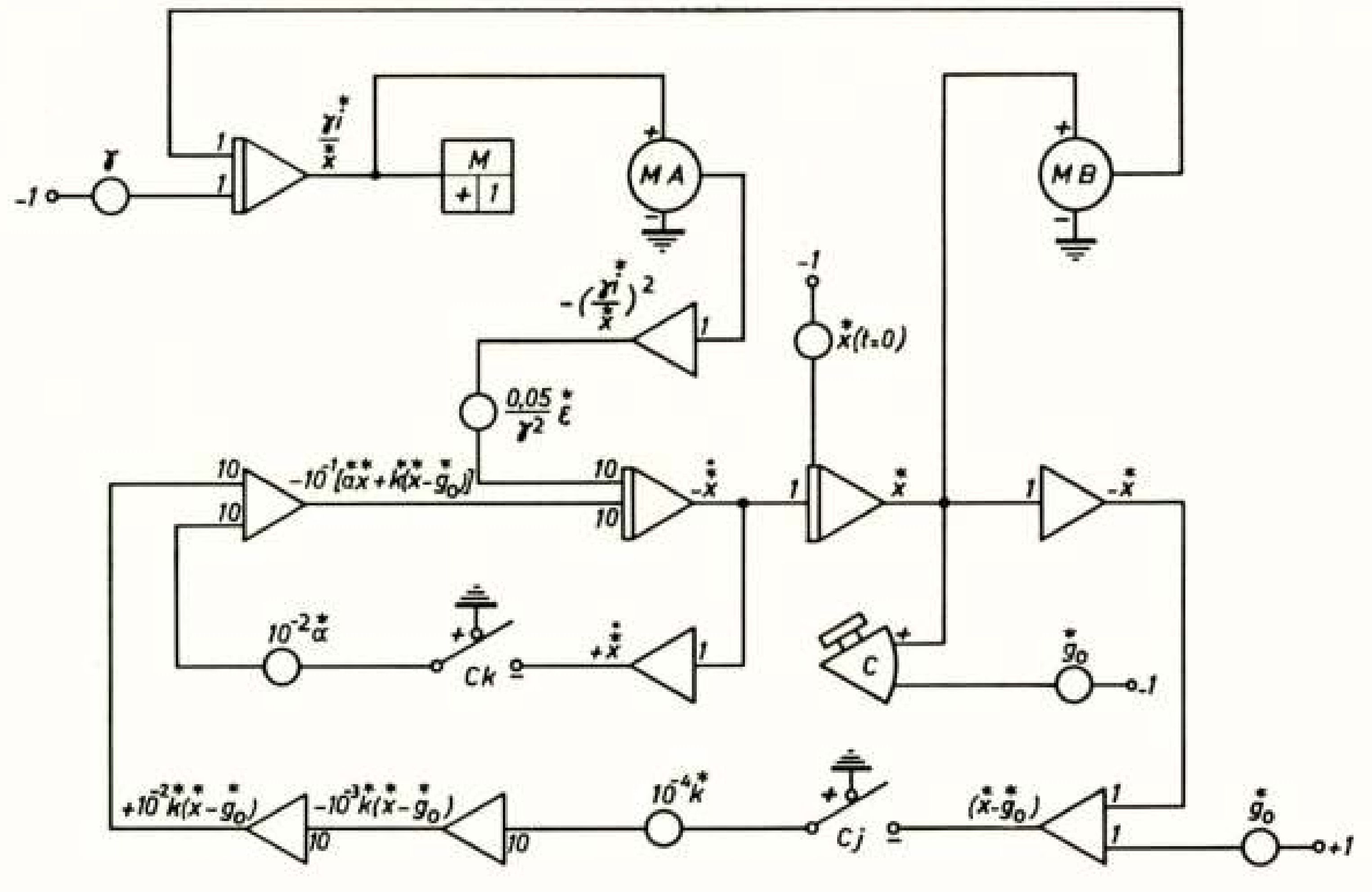


Fig. 1.2
Schakeling van de elementen van een analogon-rekenmachine voor het oplossen van de niet-lineaire bewegingsvergelijkingen van het beschouwde elektromagnetische systeem.

Direct na beëindiging der beweging (voor $\overset{*}{x} \approx 0.1$) zal de bekrachtigingsstroom wederom gaan aangroeien overeenkomstig

$$\frac{d\overset{*}{i}}{d\overset{*}{t}} \approx 0.1\,(1 - \overset{*}{i})\,;$$

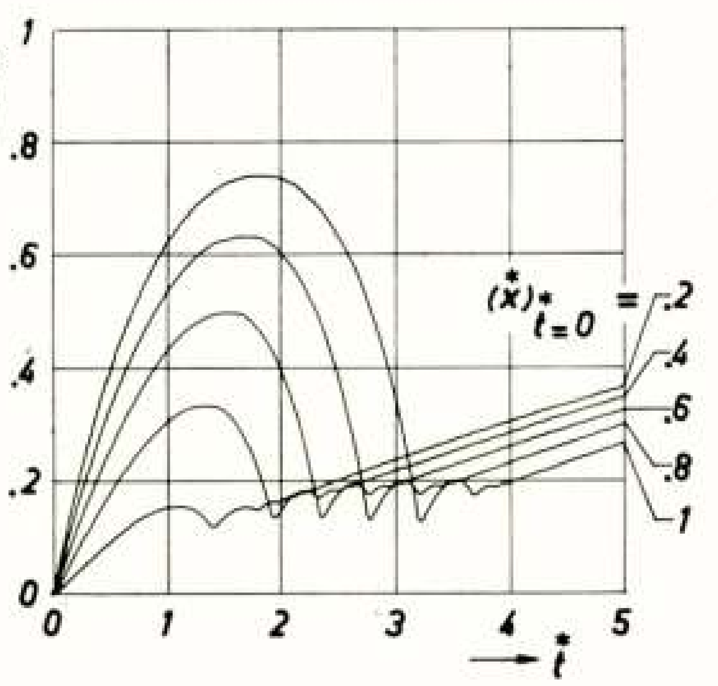


Fig. 1.3
Het berekende verloop van de dimensieloze bekrachtigingsstroom als functie van de dimensieloze tijd; de dimensieloze luchtspleet ten tijde $t = 0$ fungeert als parameter.

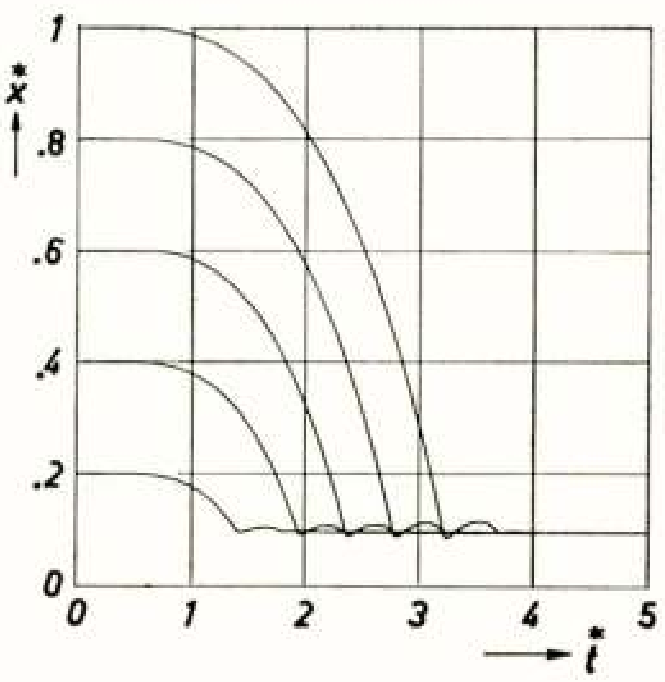


Fig. 1.4
Het berekende verloop van de dimensieloze ankerpositie als functie van de dimensieloze tijd; de dimensieloze luchtspleet ten tijde $t = 0$ fungeert als parameter.

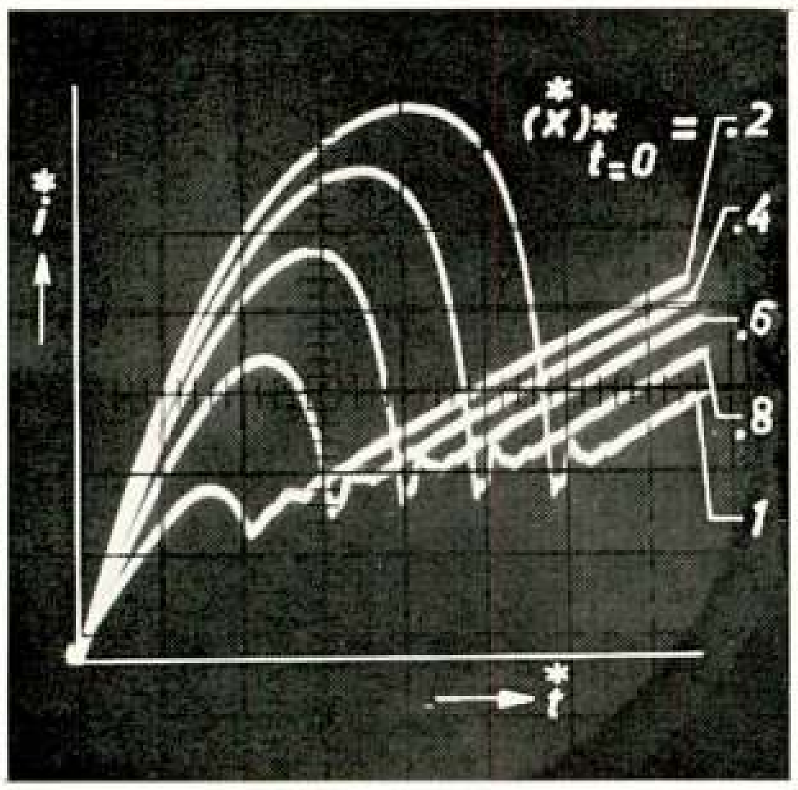


Fig. 1.5
Het geoscillografeerde verloop van de bekrachtigingsstroom als functie van de tijd; de luchtspleet ten tijde $t = 0$ fungeert als parameter.

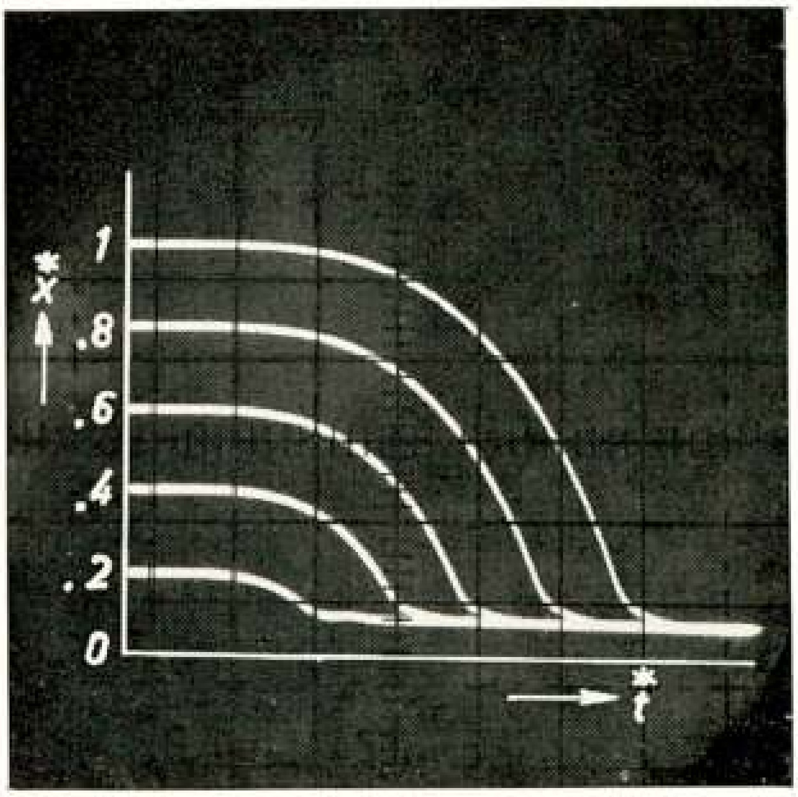


Fig. 1.6
Het geoscillografeerde verloop van de ankerpositie als functie van de tijd; de luchtspleet ten tijde $t = 0$ fungeert als parameter.

men bedenke, dat deze waarde steeds kleiner zal zijn dan de grootte van de stroomfluxie ten tijde $\overset{*}{t} = +0$!

Het behoeft natuurlijk geen betoog, dat de analogon-rekenmachine in de schakeling volgens fig. 1.2 tevens antwoord kan

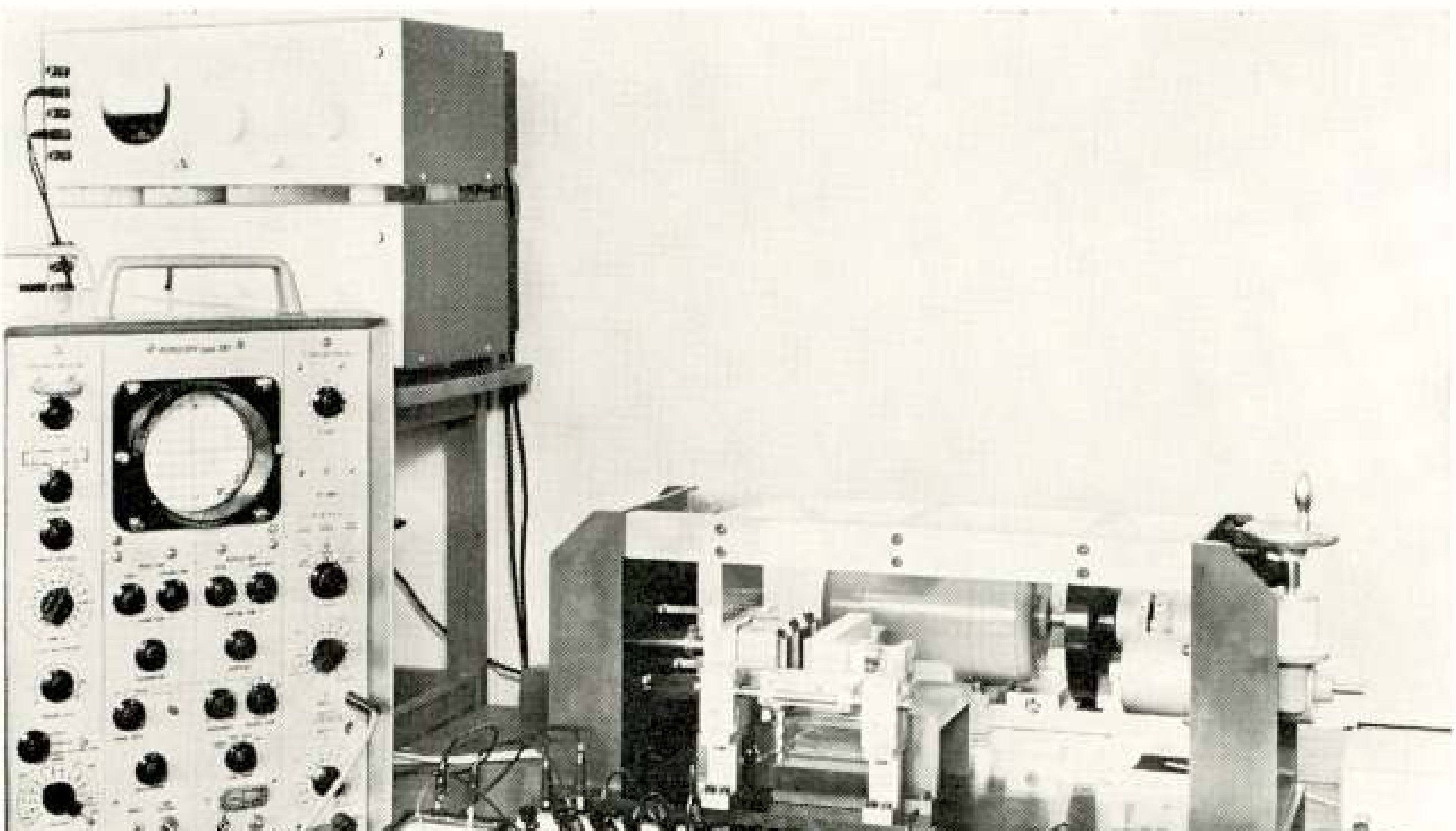


Fig. 1.7
De "universele" elektromagneet, waaraan de oscillogrammen overeenkomstig de figuren 1.5 en 1.6 met behulp van een geheugen-oscilloscoop werden opgenomen.

geven op de veelal bijzonder belangrijke vraag, hoe de ankerbeweging direct na inschakeling van de bekrachtiging zal verlopen; fig. 1.4 toont u het berekende verband tussen $\overset{*}{x}$ en $\overset{*}{t}$ met $(\overset{*}{x})_{\overset{*}{t}=0}$ als parameter.

Bij de experimentele verificatie van de berekeningsresultaten bleek een goede kwalitatieve overeenstemming tussen het berekende en het met behulp van een geheugen-oscilloscoop geoscillografeerde stroom-, resp. wegverloop (fig. 1.5, resp. 1.6) te bestaan; het experiment werd uitgevoerd aan een speciaal voor onderwijsdoeleinden binnen de groep elektromechanica der T.H.E. ontwikkelde, „universele" elektromagneet met schuifanker (fig. 1.7).

2. Het elektronisch schakelen in de elektromechanica; het gestuurde halfgeleider-schakelelement

2.1. *Een elektronische frequentie-omzetter met interne sturing voor elektrische machines*

Aan een elektrische machine onderscheiden we als regel een stator en een rotor, welke laatste bestemd is voor de uitvoering van een — veelal door de praktijk nader te specificeren — mechanische beweging.

In de veronderstelling, dat stator en rotor beide m-fasig symmetrisch, $2p$-polig bewikkeld zijn en bekrachtigd worden met m-fasig symmetrische stroomstelsels van de frequentie ν_s, respectievelijk ν_r, zal de hoeksnelheid van het statordraaiveld ten opzichte van het statorlichaam (ω_s) gelijk zijn aan $\pm \frac{2\pi\nu_s}{p}$ en de hoeksnelheid van het rotordraaiveld ten opzichte van het rotorlichaam (ω_r) gelijk zijn aan $\pm \frac{2\pi\nu_r}{p}$.

Indien het rotorlichaam zich met een hoeksnelheid ter grootte ω_m ten opzichte van het statorlichaam beweegt, zal de hoeksnelheid van het rotordraaiveld ten opzichte van het statorlichaam gelijk zijn aan $\pm \frac{2\pi\nu_r}{p} + \omega_m$.

Denken we de beide magnetische draaivelden ter bepaling van de gedachten even opgewekt door middel van twee in de ruimte draaibaar opgestelde permanente (of elektro-) magneten, dan is het zonder meer duidelijk dat het door de ene magneet

op de andere uitgeoefende *koppel* bij gegeven veldconfiguratie *slechts afhankelijk zal zijn van de onderlinge positie van de beide magneten en wel als een periodieke functie van deze onderlinge positie zal verlopen.*

Is nu de positieverandering tengevolge van een constant verschil in rotatiesnelheid van de assen der beide magneten een lineaire functie van de tijd, dan zal het eerder genoemde koppel periodiek met de tijd variëren en wel — bij een verschuivingssymmetrische conceptie-rond een gemiddelde waarde nul!

In dat geval kan er dus van een gerichte energie-overdracht van de ene as naar de andere geen sprake zijn; zulks is uiteraard slechts mogelijk, indien de bewegingen van de beide draaivelden volkomen synchroon (ontleend aan het griekse **συνχρονοσ** = gelijktijdig; in de techniek met de betekenis: met gelijke snelheid voortschrijdend) *verlopen.*

Worden de draaivelden thans opgewekt op de wijze zoals in de aanhef van deze inleiding vooropgesteld, dan kan deze synchronisatievoorwaarde als volgt worden genoteerd:

$$\omega_s = \omega_r + \omega_m$$

of

$$\pm \frac{2\pi \nu_s}{p} = \pm \frac{2\pi \nu_r}{p} + \omega_m$$

dus

$$\boxed{\begin{matrix} \nu_s = |\nu_r \pm p\,\nu_m| \\ \text{of} \\ \nu_r = |\nu_s \pm p\,\nu_m| \end{matrix} \qquad \text{met } \nu_m = \frac{1}{2\pi}|\omega_m|} \qquad (2.1.1)$$

Deze voorwaarde voor continue overdracht van elektromagnetische in mechanische energie en vice versa zal in het volgende kortheidshalve worden aangeduid als *frequentievoorwaarde.*

Beschouwen wij thans de werking van enkele machine-typen tegen de achtergrond van de frequentievoorwaarde.

Bij de *inductie-machine* ligt de zaak al bijzonder eenvoudig: aan de frequentievoorwaarde wordt steeds „automatisch" voldaan op grond van het feit, dat de equivalente hoeksnelheidsvoorwaarde

$$\omega_s = \omega_r + \omega_m$$

of

$$\omega_r = \omega_s - \omega_m$$

overeenkomt met de relatie, welke de voor het inductieverschijnsel maatgevende relatieve beweging van het rotorlichaam ten opzichte van het statordraaiveld beschrijft.

In een Genootschap als het uwe blijve voorts niet onvermeld, dat de inductiemachine zijn energiebalans gedurende zijn gehele, thans reeds 75-jarige bestaan geconformeerd heeft aan de in 1956 door Manley en Rowe voor parametrische versterkers afgeleide „Frequency Power Formulas"! [2]

Gaan wij vervolgens over naar de categorie *„dubbelgevoede" machines*, dan wordt het aan de hand van de frequentievoorwaarde onmiddellijk duidelijk, dat bij *rechtstreekse* voeding van stator- en rotorwikkelingen uit bronnen van *vaste frequentie* slechts bij één — eveneens vaste — mechanische frequentie of hoeksnelheid een continue energieoverdracht mogelijk kan zijn; we spreken in dat geval van een synchrone machine.

Dat deze naam niet kan worden teruggevoerd op de synchrone loop van het stator- en rotordraaiveld behoeft met verwijzing naar het voorafgaande geen nader betoog. Hij kan echter worden verstaan in het speciale, praktisch echter veelvuldig voorkomende geval, waarbij de rotorfrequentie $\nu_r = 0$ is; dan immers zal de asbeweging van de machine synchroon met die van de beide draaivelden moeten verlopen om tot een continue omzetting van elektrische in mechanische energie en vice versa te geraken.

Voeden wij de stator- en rotorwikkelingen rechtstreeks uit bronnen van *gelijke frequentie* (c.q. uit één en dezelfde bron), dan leert ons de frequentievoorwaarde, dat slechts *bij stilstand van de as* een van nul verschillend elektromagnetisch koppel op de rotor kan worden uitgeoefend. *Bij stilstand kan evenwel geen energie worden omgezet.* Hiertoe zou de as moeten draaien, maar dan is weer niet aan de frequentievoorwaarde voldaan, tenzij we gebruik maken van een afzonderlijke *frequentieomzetter* (-mutator; mutare = veranderen) welke in zijn werking aan de frequentievoorwaarde voldoet en tussen de gemeenschappelijke voedingsbron en stator- of rotorwikkelingen is aangebracht.

Indien de as van de dubbelgevoede machine, welke in stator en rotor uit bronnen van gelijke frequentie wordt bekrachtigd, een continu variabele mechanische hoeksnelheid moet kunnen leveren, dan zal deze omzetter conform de frequentievoorwaarde een continu variabele „overzetverhouding" moeten bezitten.

De sturing van de mutator kan een extern, dan wel een intern karakter bezitten.

Bij *externe sturing* zal de mechanische hoeksnelheid zich steeds

dienen aan te passen aan de veranderingen in het verschil van ω_s en ω_r, bij *interne sturing* daarentegen wordt door een terugkoppeling van de asbeweging naar de frequentiemutator het verschil van ω_s en ω_r automatisch aangepast aan de mechanische hoeksnelheid.

Wij zullen ons in het volgende beperken tot een beschouwing betreffende de frequentieomzetter met interne sturing, waarvan de *mechanische versie* reeds meer dan een eeuw in gebruik is: de magneto-elektrische commutatormachine van de Franse natuurkundige Pixii dateert uit het jaar, volgende op dat van de ontdekking van de inductiewet door Faraday (1831). Bij deze en soortgelijke uitvoeringen wordt de frequentie met behulp van een commutator (commutare = verwisselen) en een stel borstels van een vaste waarde (aanvankelijk 0 Hz, later ook $16\frac{2}{3}$, 50 en 60 Hz) in een continu variabele waarde en vice versa omgezet. De terugkoppeling van de mechanische asbeweging naar de frequentieomzetter wordt in het onderhavige geval op bijzonder eenvoudige wijze gerealiseerd door plaatsing van de bewegende contacten van de mechanische mutator (i.c. de commutatorlamellen) op de as zelve en bevestiging van de vaste contacten aan het machinehuis.

De bezwaren van fabricatorische en onderhoudstechnische aard, welke tegen deze betrekkelijk primitieve mechanische schakelaar met beperkt afschakelvermogen kunnen worden aangevoerd, zullen zonder enige twijfel hebben geleid tot bezinning op de mogelijkheden — en beperkingen — van een *elektronische versie* van de frequentieomzetter met interne sturing.

Wat de beperking betreft verlieze men vooral niet uit het oog, dat het *elektronische schakelelement* (ventiel!) slechts voor *één energierichting* geschikt is, terwijl de *mechanische schakelaar* zonder enig bezwaar in *beide richtingen* stroom kan voeren.

Na de succesvolle ontwikkeling van de roostergestuurde kwikdampmutator tot elektronische schakelaar van groot vermogen kreeg de elektronische versie van de frequentieomzetter zijn kans en zo kon het dan ook gebeuren, dat reeds in de dertiger jaren van deze eeuw de eerste machines met kwikdamp-frequentiemutatoren werden geconstrueerd; zij kregen de naam „mutator"-machine. (D.: Stromrichtermaschine).

Dat bij de toepassingsmogelijkheden primair gedacht werd aan de (50 Hz-) tractiemotor, moge uit de eerste publikaties over dit onderwerp blijken. [3]

Gramisch laat zich in zijn Duitse bewerking van het boek

Mercury Arc Rectifiers van O. K. Marti en H. Winograd anno 1933 in optimistische bewoordingen over de „Kollektorlose Stromrichtermotor" uit:

„Bei diesem Motortyp ist das gittergesteuerte Dampfentladungsgefäss gewissermassen ein Bestandteil des Motors, indem es an die Stelle des mechanischen Kommutators tritt. Mit dem Wegfall des letzteren verschwinden auch die Kommutierungsschwierigkeiten, die bei den Einphasenbahnen zur Herabsetzung der Periodenzahl auf $16\frac{2}{3}$ bzw. 25 Hz geführt haben, und es tritt der unmittelbare Anschluss der Einphasen-Bahnnetze an die 50 periodigen Drehstromnetze der allgemeinen Licht- und Kraftversorgung in den Bereich der Möglichkeit. Da die vorerwähnte Verwendung des kollektorlosen Stromrichtermotors gegenwärtig das grösste Interesse beansprucht, soll die Wirkungsweise kollektorloser Motoren an dem Beispiel eines Einphasenlokomotivmotors beschrieben werden, der von Kern (BBC) vorgeschlagen wurde."

ofschoon hij zich aan het eind van zijn beschouwing wel afvraagt, „ob sich die gesteuerten Dampfentladungsgefässe im Lokomotivbetrieb bewähren werden".

Thans, ruim 30 jaar later, kunnen wij stellen dat zijn voorbehoud niet geheel misplaatst is gebleken, maar wel hebben wij inmiddels kunnen constateren, dat de ontwikkeling van de mutator-motor na de ontdekking van de halfgeleider-schakelelementen als transistoren en thyristoren tot ongekende bloei lijkt te komen.

De opstelling, welke in fig. 2.1.3 is weergegeven is als college-demonstratie ontworpen en dateert reeds uit het jaar 1959. Zij betreft een in eigen atelier vervaardigde tweefasige universele elektrische machine voor onderwijsdoeleinden, welke in de rotorwikkelingen rechtstreeks met gelijkstroom wordt gevoed; de statorwikkelingen zijn via een uit thyristoren opgebouwde halfgeleider-frequentieomzetter op dezelfde gelijkstroombron aangesloten.

Voor de sturing van de thyristoren wordt gebruik gemaakt van een eveneens in eigen huis vervaardigde foto-elektrische positie-indicator. Deze omvat een vast gedeelte, bestaande uit een schijf met 4 gaten, benevens een viertal lampjes met bijbehorende foto-transistoren. Een op de as van de machine gemonteerde, geprofileerde schijf laat het licht van de lampjes op weg naar de bijbehorende foto-transistoren gedurende bijna een halve

asomwenteling door en creëert zodoende bij draaiing van de as een serie lichtpulsen van de frequentie ν_m, welke door de foto-transistoren in elektrische stuurpulsen van dezelfde frequentie worden omgezet. Het vaste gedeelte van de positie-indicator kan ter verkrijging van een instelbaar „ontsteekmoment" van de thyristoren gelijk een borstelbrug van een conventionele commutatormachine worden verdraaid. Voor het doven van de thyristoren wordt van de klassieke commutatie-condensatoren gebruik gemaakt.

Inschakeling van de lampjes doet de machine aanlopen, terwijl het sturen en eventueel ook het reverseren op eenvoudige wijze door middel van „elektronische borstelverschuiving" kan plaatsvinden.

$$\boxed{\nu_s = |\nu_r \pm p\nu_m|}$$

$$\text{Voor } \nu_r = 0 : \rightarrow \nu_s = p\nu_m = \frac{p}{2\pi}|\omega_m|$$

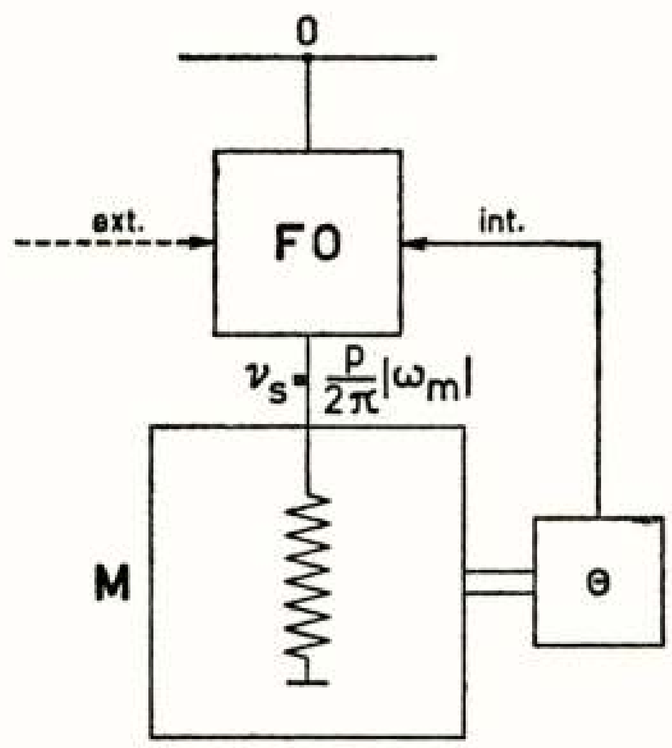


Fig. 2.1.1
Blokschema van een elektrische machine (M) met interne (int.), respectievelijk externe (ext.) sturing van de frequentieomzetter (FO) tussen gelijkstroomnet en stator; de niet aangegeven rotor (positie-indicator Θ) is met gelijkstroom bekrachtigd, dan wel met een permanente magneet uitgevoerd gedacht.

De figuren 2.1.1 en 2.1.2 geven de opstelling schematisch weer, terwijl fig. 2.1.3 de complete apparatuur in beeld brengt.

De schakeling is doelbewust slechts voor één energierichting ontworpen, teneinde het oorspronkelijke doel (een eerste, liefst geslaagde kennismaking van studenten met een elektronische commutator) niet voorbij te schieten; zij kan uiteraard na verdubbeling van het aantal ventielen door antiparallelschakeling voor beide energierichtingen (motor- en generatorbedrijf) worden geschikt gemaakt.

De ontwikkeling van de elektronische commutator lijkt met name van belang voor toepassing in machines, welke het na hun inbedrijfstelling verder zonder onderhoud zullen moeten stellen ofwel draaien moeten onder atmosferische condities, welke de goede werking van de klassieke mechanische commutator illusoir maken.

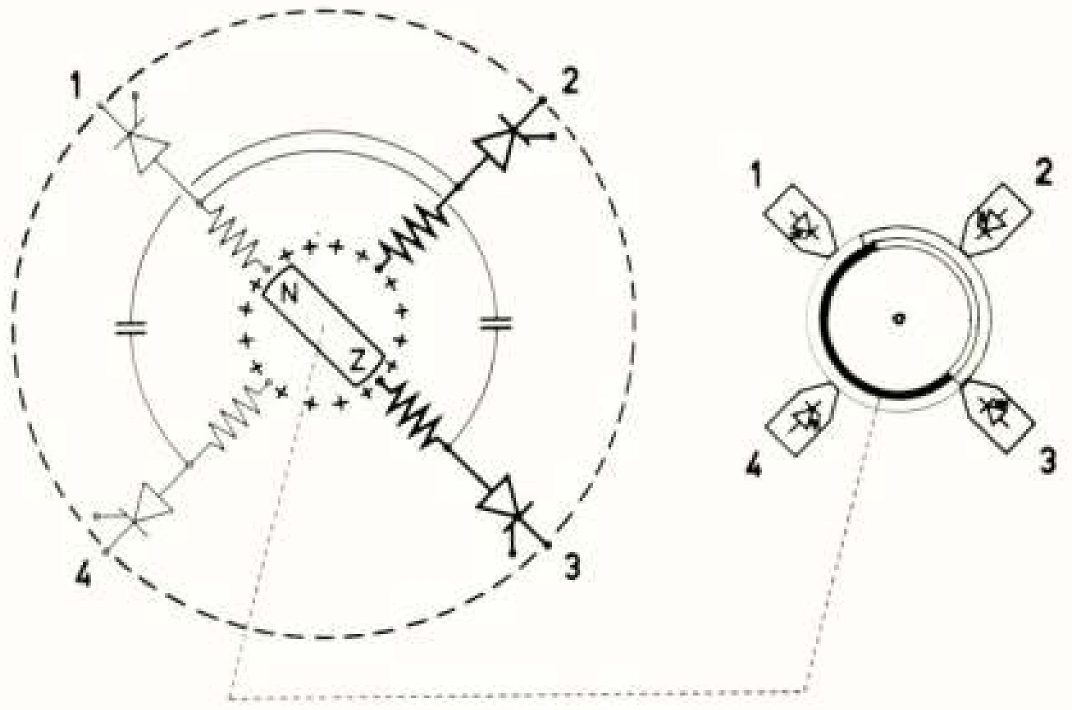


Fig. 2.1.2
Schematische voorstelling van een tweefasige elektrische machine met interne sturing van de gethyristoriseerde frequentie-omzetter.

2.2. Een elektronische pulsbreedtesturing voor gelijkstroomseriemachines

Zoals u bekend is, vindt het *sturen* van *roterende elektrische machines* plaats door *variatie* van daartoe geëigende *machine-* of *netparameters*.

Ten aanzien van de *machineparameters* beperkt men zich als regel tot een beïnvloeding van de *weerstanden* van stator- en rotorketens. Verandering van de *inductiviteiten* is in dit verband

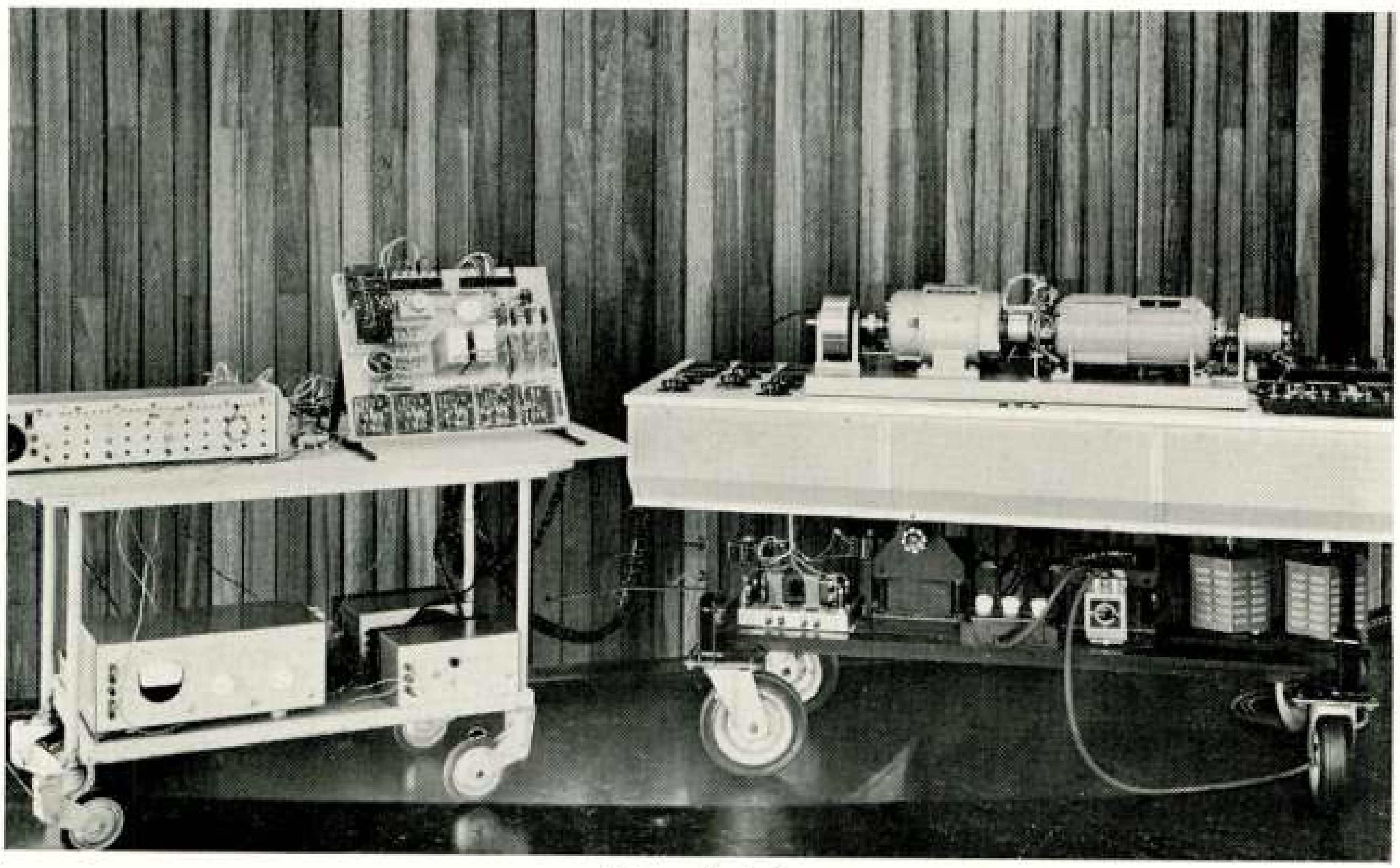


Fig. 2.1.3
De "universele" elektrische machine als mutatormotor.

slechts zinvol bij wissel- en draaistroommachines, terwijl de *koppeling* tussen stator- en rotorwikkelingen bij de gangbare constructievormen niet kan worden gevariëerd; een soortgelijke opmerking geldt ten aanzien van het *pooltal* van een machine, de poolomschakelbare draaistroommachines uitgezonderd.

Indien de machine op een spanningsbron is aangesloten, vormen de *grootte* en de *frequentie van de voedende spanning* de *netparameters*.

Beperken wij ons in het volgende tot de sturing van *gelijkstroommachines*, dan vervalt uiteraard de frequentie als netparameter en blijft slechts de grootte van de netspanning als zodanig over; bij de machineparameters komen slechts de weerstanden van stator- en rotorwikkelingen voor beïnvloeding in aanmerking.

Beperken we ons vervolgens binnen de rubriek der gelijkstroommachines tot de gelijkstroom-seriemachine, dan betekent dit opnieuw een reductie van het aantal sturingsmogelijkeden: de weerstanden van stator- en rotorwikkelingen zijn ten gevolge van de serieschakeling van beide ketens niet langer afzonderlijk te beïnvloeden (tenzij men z'n toevlucht zoekt tot parallelschakeling van weerstanden aan veld- of ankerwikkelingen).

Resumerende komen we tot de conclusie, dat we bij een gelijkstroomseriemotor de keuze hebben tussen *spanningssturing* of *weerstandssturing*, ofwel een combinatie van beide.

Het behoeft natuurlijk geen betoog, dat spanningssturing — mits eenvoudig uitvoerbaar — bij grotere motorvermogens sterk de voorkeur zal hebben boven weerstandssturing, waar extraweerstand in de hoofdstroomketen het rendement van de aandrijving in ongunstige zin zal beïnvloeden. Zulks klemt te meer indien de capaciteit van de energiebron beperkt is, zoals bij accumulatorvoeding. Een onder meer voor dit doel door A.E.G. ontworpen, gethyristoriseerde spanningssturing [4] werd in ons laboratorium uitvoerig onderzocht; de resultaten van dit onderzoek welke ik in het volgende kort zou willen samenvatten, zijn in het tijdschrift Elektro-Techniek gepubliceerd [5].

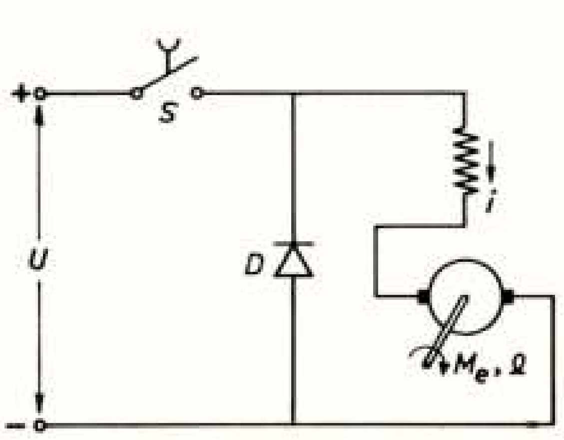


Fig. 2.2.1
Principeschema van de met pulsen gevoede gelijkstroomseriemotor.

Fig. 2.2.1 toont de principe-schakeling, waarmee de vaste gelijkspanning omgezet kan worden in een reeks spanningspulsen van bijvoorbeeld con-

tinu-variabele breedte en vaste frequentie, met andere woorden in een spanning met een continu-variabele gemiddelde waarde.

De diode D biedt de motorstroom bij geopende schakelaar S een passende „vrijloop"-mogelijkheid en voorkomt daardoor het optreden van ontoelaatbare grote stroomfluxies — met de hiermede corresponderende overspanningen! — onmiddellijk na het openen van de schakelaar.

In de veronderstelling, dat het magnetisch circuit van de motor geen hysteresis- en verzadigingsverschijnselen vertoont en het ventiel D ideaal is, wordt de waarde van het elektromagnetische motorkoppel, gemiddeld over één pulsperiode en betrokken op het elektromagnetische koppel bij continue voeding gegeven door de uitdrukking

$$\overset{*}{M}_e = \beta \left[1 - \frac{1}{\frac{1}{2}\beta A \left\{ cotgh \frac{1}{2}\beta A + cotgh \frac{1}{2}(1-\beta) A \right\}} \right] \qquad (2.2.1);$$

hierin is β de relatieve pulsbreedte
en A de navolgende, lineaire functie van de mechanische
hoeksnelheid Ω :

$$A = \frac{R + k\,\Omega}{\nu L}$$

met R = totale weerstand van de seriemachine,
L = totale inductiviteit van de seriemachine,
k = gelijkgerichte rotatiespanning per eenheid van mechanische hoeksnelheid en per eenheid van (bekrachtigings) stroomsterkte,
en ν = pulsfrequentie.

Fig. 2.2.2 geeft het verloop van het gemiddelde relatieve elektromagnetische koppel bij veranderlijke A — dus ook bij veranderlijke hoeksnelheid — en verschillende waarden van de relatieve pulsbreedte.

Met behulp van relatie (2.2.1) kan gemakkelijk worden aangetoond, dat $\overset{*}{M}_e$ voor zeer grote waarden van A nadert tot de waarde β, voor zeer kleine waarden van A tot de waarde β^2.

Bij de praktische realisering van het principeschema overeenkomstig fig. 2.2.1 dienen we rekening te houden met het feit, dat voor een soepele wijze van pulsbreedtesturing enkele honderden pulsen per seconde geproduceerd moeten kunnen worden. Zulks

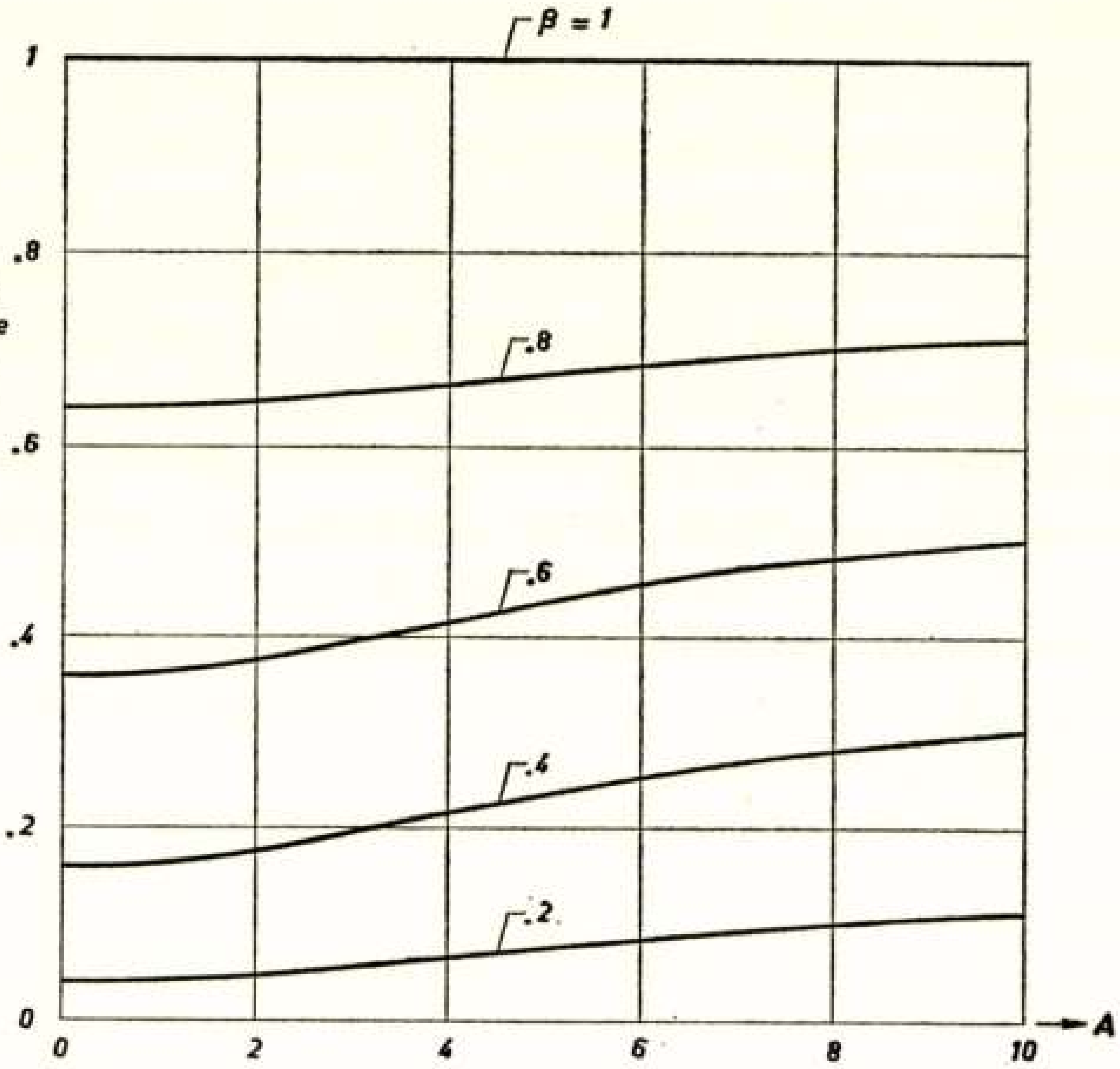


Fig. 2.2.2
Het verloop van het gemiddelde relatieve elektromagnetische koppel van een met pulsen gestuurde gelijkstroom-seriemotor bij veranderlijke mechanische hoeksnelheid; de relatieve pulsbreedte fungeert als parameter.

sluit het gebruik van een mechanische schakelaar bij grotere motorvermogens zonder meer uit; het doet ons terechtkomen bij de stuurbare elektronische schakelelementen.

Valt de keuze op een thyristor als schakelelement, dan mag niet uit het oog worden verloren, dat deze „ontsteekt" door middel van een stroompuls van passende vorm en grootte in de stuurelektrode, *maar slechts „dooft" nadat de hoofdstroom gedurende voldoend lange tijd nul is geweest.*



Fig. 2.2.3
Praktische uitvoering van het principeschema overeenkomstig fig. 2.2.1.

Daarom vraagt het afschakelen van gelijkstromen met behulp van thyristorschakelaars om een speciale voorziening in de vorm van een doofcondensator C, welke in de schakeling volgens fig. 2.2.3 door ontsteking van thyristor T_2 tot een spanning U wordt opgeladen met klem 2 positief ten opzichte van klem 1. Thyristor T_2 zal

doven, nadat de laadstroom kleiner is geworden dan de houdstroom. Wordt vervolgens thyristor T_1 ontstoken, dan zal deze behalve de netstroom tevens de ontlaadstroom van de condensator C gaan voeren. Aangezien deze condensatorstroom in een trillingskring $1 - C - 2 - T_1 - 3 - D_2 - L - 1$ met „éénrichtingverkeer" verloopt, zal hij na een halve periode door diode D_2 worden onderbroken, juist op het ogenblik dat de condensator C weer geheel is opgeladen, ditmaal evenwel met klem 1 positief ten opzichte van klem 2. Wordt tenslotte thyristor T_2 weer

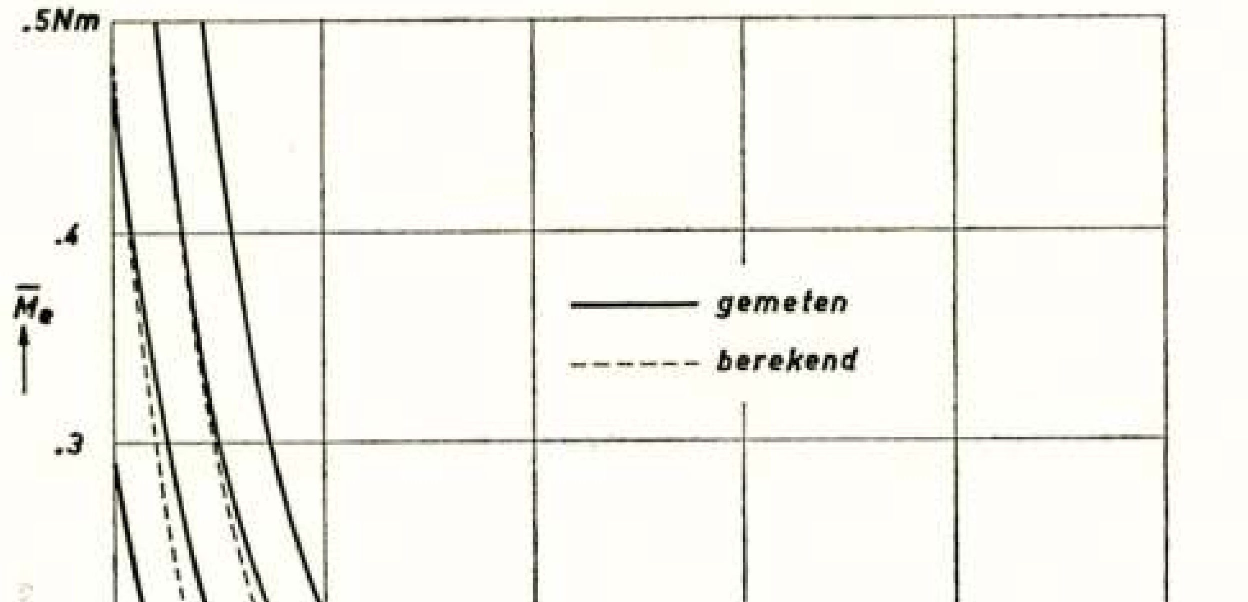


Fig. 2.2.4

Het verloop van de gemeten koppel-toerenkrommen van de als gelijkstroom-seriemotor geschakelde "universele" elektrische machine met pulssturing; de berekeningsresultaten zijn ter vergelijking met stippellijnen aangegeven.

onstoken dan ontlaadt de condensator C zich over de netstroomvoerende thyristor T_1; indien de netstroom voldoende lang door de ontlaadstroom wordt gecompenseerd, zal doving van T_1 volgen. De condensator C wordt vervolgens weer opgeladen tot een spanning ter grootte U met klem 2 positief ten opzichte van klem 1, waarna het bovenomschreven spel zich herhaalt.

Voor de ontsteking van de thyristoren T_1 en T_2 werd een eenvoudig stuurapparaat ontwikkeld; het bevat een tiental goedkope transistoren en kan zeer compact worden gebouwd.

Fig. 2.2.4 betreft opnieuw de tweefasige universele elektrische machine voor onderwijsdoeleinden, ditmaal als serie-commutatormachine geschakeld en met pulsen van variabele breedte en constante frequentie (ν = 108 Hz) gevoed.

Met behulp van een Hall-generator, in de luchtspleet van de machine aangebracht, kan het koppel van elektromagnetische oorsprong rechtstreeks worden bepaald indien deze Hall-generator wordt gevoed met een stroom, welke recht evenredig met de motorstroom verloopt. De aldus verkregen Hall-spanning is dan immers recht evenredig met het produkt van motorstroom en veld, dus ook met het elektromagnetische koppel.

Wanneer we ook het toerental van de machine met behulp van een tacho-generator in een hiermede evenredige spanning hebben omgezet zijn we in staat, de koppel-toerenkrommen van de gelijkstroom-seriemotor met behulp van een elektrisch meetinstrument, te weten een coördinatenschrijver vast te leggen, teneinde de pulsbreedtesturing op zijn bruikbaarheid te kunnen toetsen en de resultaten van de metingen met die van de berekeningen te kunnen vergelijken.

Fig. 2.2.4 toont u het verloop van de gemeten koppel-toerenkrommen; de resultaten van de omrekening van de kromme voor $\beta = 1$ naar die voor $\beta = .8$, .6, .4 en .2 (zulks met behulp van fig. 2.2.2) zijn met stippellijnen aangegeven.

Dat de gemeten koppels vooral in het gebied van hogere toerentallen (kleinere stromen) groter uitvallen dan de berekende waarden is met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid terug te voeren op het feit, dat de condensator C uit fig. 2.2.3 zich na het doven van de thyristor T_1 verder over de serieschakeling van motor en spanningsbron zal ontladen; dit veroorzaakt vooral bij kleine motorbelastingen een relatief grote extra-motorstroom, welke niet in de berekening werd betrokken.

Zoals reeds eerder opgemerkt lijkt de in het voorgaande beschreven methode van sturing van belang voor aandrijfmotoren van voertuigen, welke hun eigen energiebron met zich voeren; zij kan evenwel ook van betekenis zijn in die gevallen, waarbij men een vervanging van het mechanische schakelen in conventionele stuurschakelingen (weerstandssturing!) door „static switching" beoogt.

Literatuur

1) W. Th. Bähler, Theorie van het electromagnetische telefoonrelais. Diss. T.H. Delft, 1926.

2) Manley J. M. and H. E. Rowe, Some general properties of nonlinear elements I. General energy relations. Proc. I.R.E. 44 (1956), nr. 7, pag. 904-913.

3) Kern, E., Der kommutatorlose Einphasenlokomotivmotor für 40 bis 60 Herz. Elektrische Bahnen 7 (1931), nr. 11, pag. 313-321.
Stör, M., Stromrichtermotoren für Einphasenwechselstrom beliebiger Frequenz.
E.u.M. 51 (1933), nr. 45, pag. 589-600.

4) Friebe, H., Neue Technik bei elektrischen Bahnen. A.E.G.-Mitteilungen 52, (1962), nr. 3/4, pag. 53-57.

5) de Zeeuw, W. J., M. M. Polak en L. R. G. Versfeld, Sturing van een gelijkstroom-seriemotor door middel van halfgeleider-schakelelementen. Elektro-Techniek 42, (1964), nr. 20, pag. 467-471.

Manuscript ontvangen 24 september 1964.

Selectieve oproepsystemen
Verslag van de bijeenkomst der "International Working Party" van het CCIR
(Den Haag 15-19 februari 1965)

1. De tiende plenaire zitting van het CCIR heeft in „Resolution 19" bepaald, dat een Internationale Werkgroep de studie ter hand zal nemen en praktische experimenten zal uitvoeren voor het bepalen van de specificatie van een algemeen „world wide" selectief oproepsysteem voor het maritieme radiotelefoonverkeer, zowel op meter-, decameter- als hectometergolven.
2. Er zijn voorstellen ingediend bij het CCIR voor een selectief oproepsysteem door de Administraties van Duitsland, Japan en de Verenigde Staten van Noord-Amerika.

Deze drie systemen verschillen onderling aanmerkelijk. Een korte beschrijving van ieder der drie voorgestelde systemen volgt hier:

a. **Het Amerikaanse systeem**

Dit is reeds vrij intensief in gebruik in de Verenigde Staten voor het oproepen van schepen vanaf de wal (kuststation). Bij het Amerikaanse systeem worden na elkaar korte tonen van 600 resp. 1500 *Hz* gemoduleerd, deze tonen worden gegeven via de kiesschijf van een telefoontoestel. De twee tonen van 600 en 1500 *Hz* worden nà elkaar uitgezonden en wel steeds één toon gelijktijdig. De lengten van de selectieve codesignalen zijn niet gelijk. Men kan op deze wijze een maximum aantal code-combinaties verkrijgen van rond 60.000.

b. **Het Duitse systeem**

Dit systeem bestaat uit het nà elkaar uitzenden van vijf verschillende tonen, welke willekeurig kunnen worden gekozen uit tien beschikbare tonen, echter met dien verstande, dat direct na elkaar geen twee gelijke tonen mogen worden uitgezonden.

In dit geval heeft dus ieder selectief oproepsignaal een gelijke lengte. De tijdsduur van iedere toon bedraagt, evenals in het Amerikaanse systeem, 0.1 sec. Men kan op deze wijze een maximum aantal code-combinaties verkrijgen van rond 66.000.

c. **Het Japanse systeem**

Bij het Japanse systeem worden twee tonen gelijktijdig uitgezonden, gevolgd door een tweede stel van twee gelijktijdige tonen, welke kunnen worden gekozen uit 40 beschikbare

tonen. Ieder tonenpaar wordt uitgezonden gedurende 0.6 sec.

Bij het Japanse systeem is dus, evenals bij het Duitse systeem, de tijdsduur van ieder selectief oproepsignaal gelijk, terwijl men rond 360.000 verschillende combinaties kan vormen.

3. Op grond van laboratoriumbeproevingen en praktische beproevingen uitgevoerd op frequenties in het gebied tussen 2 en 3 *MHz*, 4 – 22 *MHz* en 156 – 162 *MHz*, door de Administraties van de V.S., Engeland, Duitsland, Frankrijk en Nederland, kon de Internationale Werkgroep, welke van 15 – 19 februari 1965 te Den Haag bijeen kwam onder voorzitterschap van Ir. C. B. Broersma, tot een uitspraak komen, welke der drie voorgestelde systemen in de praktijk de beste resultaten zal geven.

Aan deze Werkgroep werd deelgenomen door afgevaardigden van Amerika, Engeland, Frankrijk, West-Duitsland, Nederland, Unie der Soc. Sovjet Republieken, Japan, Canada, Noorwegen en Zweden, terwijl eveneens aanwezig waren afgevaardigden van het CCIR, Comité International Radio-Maritime en International Chamber of Shipping.

4. De 3 selectieve oproepsystemen waren in een laboratoriummeetopstelling in bedrijf in het Dr. Neher Laboratorium van de PTT te Leidschendam, in combinatie met een „fading simulator". Hier werd een zeer doeltreffende demonstratie voor de leden van de Internationale Werkgroep gegeven.

5. De experimenten, uitgevoerd door de Administraties van de V.S., Engeland, Duitsland, Frankrijk en Nederland hebben het uitzenden en ontvangen, alsmede het registreren van ieder der drie betreffende selectieve oproepsignalen omvat gedurende vele tienduizenden cycli.

Hierbij is gebleken, dat de variabele lengte van het Amerikaanse signaal (het signaal varieert in tijdlengte, afhankelijk van de uitgezonden code, van circa $1^1/_2$ tot 5 seconden) tot gevolg heeft dat aan de ontvangzijde signalen gemist worden tengevolge van fading, omdat reeds spoedig een signaal-element verloren gaat. Het Japanse systeem bleek speciaal bij het optreden van selectieve fading op decameter-golven achteruit te gaan in betrouwbaarheid, terwijl tevens gebleken is dat de bandbreedte van het signaal groter is dan die van een commercieel telefoniegesprek. Het Duitse systeem bleek het meest aanvaardbare te zijn en dit werd dan ook met een modificatie aanvaard als het toekomstige internationale systeem voor het maritieme telefonieverkeer.

6. Er zal thans iets nader worden ingegaan op de details van

dit door West-Duitsland voorgestelde systeem. Zoals reeds onder 2b. vermeld, bestaat een oproepsignaal uit het na elkaar uitzenden van vijf verschillende tonen, welke kunnen worden gekozen uit tien beschikbare tonen. Doordat er 10 beschikbare tonen zijn, is dit signaal geschikt om te worden geactiveerd door middel van een kiesschijf van een telefoontoestel, of in de toekomst door een drukknop-systeem.

De grenzen van de tien tonen bevinden zich tussen ca. 520-2030 *Hz*. (De modificatie, waarvan werd gesproken onder 5., betreft de uiteindelijke vaststelling van de juiste frequentie van iedere toon; voorkomen moet worden dat tonen harmonisch ten opzichte van elkaar liggen, terwijl het tevens van belang is dat de frequentie-verhouding tussen ieder opeenvolgend paar van tonen zo nauwkeurig mogelijk dezelfde zal zijn.).

De duur van iedere toon bedraagt 100^{+10}_{-20} miliseconden terwijl de tussenruimte van twee opeenvolgende tonen bij het uit vijf tonen bestaand oproepsignaal zo kort mogelijk dient te zijn (tusssen 0 en 5 milliseconden).

Doordat een oproepsignaal van zo'n korte duur is, n.l. ca. 500 milliseconden, kan iedere selectieve oproep bestaan uit het uitzenden van twee gelijke tooncombinaties achter elkaar, waardoor de betrouwbaarheid van het systeem groter wordt. Dit hebben de experimenten ook bewezen.

Het is de bedoeling dat, wanneer aan de ontvangzijde een dergelijk selectief oproepsignaal wordt ontvangen en geregistreerd, een hoorbaar en/of zichtbaar alarm wordt gegeven dat geblokkeerd blijft, zodat bij een tijdelijk onbemand zijn van de ontvangzijde toch kan worden waargenomen dat een selectieve oproep heeft plaatsgevonden.

7. Het is de bedoeling dat het CCIR een definitieve aanbeveling opstelt tot het op internationale basis in gebruik nemen van het betreffende oproepsysteem. De CCIR-aanbevelingen zijn echter niet bindend en het definitief in gebruik stellen van dit oproepsignaal heeft derhalve de sanctie nodig van een administratieve radioconferentie.

Hoewel nog niet bekend is wanneer deze zal plaatsvinden, is het toch van belang reeds thans te weten op welke basis het a.s. internationale selectieve oproepsysteem zal berusten. Enkele landen, met name Zweden, hebben behoefte op korte termijn een selectief oproepsysteem in gebruik te stellen voor oproepen in de richting van wal naar schip.

8. Thans is overeenstemming verkregen over de technische para-

meters van het oproepsysteem. Een aantal operationele voorwaarden moet nog worden overeengekomen, zoals b.v. de wijze waarop de beschikbare selectieve code-signalen zullen worden verdeeld over de schepen van alle landen welke aan dit systeem gaan deelnemen. Een ander punt is dat, hoewel het systeem is bedoeld om te worden gebruikt als oproepsysteem voor telefonieverkeer, het ook zeer goed kan worden benut als oproepsysteem voor ander radioverkeer, zoals telegrafie, telex over radio. Deze aspecten dienen nog nader te worden geregeld.

100 jaar Internationale Telecommunicatie-Unie

Op maandag 17 mei 1965 was het 100 jaar geleden dat de afgevaardigden van 20 staten in Parijs gedurende een bijeenkomst belegd op initatief van Napoleon III de eerste ITU-overeenkomst tekenden. Op het ogenblik heeft de ITU 124 „Members" en 2 „Associate-Members" (Malawi en Zambia). Sedert 1948 is het hoofdkwartier van de ITU gevestigd in Genève.

Een eeuw ITU betekent een eeuw telecommunicatie-ontwikkeling. Het begin van deze ontwikkeling ligt bij de uitvinding van de elektrische telegraaf door Samuel Morse in 1837. De eerste publieke telegraafverbinding werd geopend in 1844. In 1849 reeds waren de telegraafnetten in de Europese landen aangelegd tot aan de grenzen en daarmede ontstonden de problemen die zestien jaar later aanleiding waren tot het oprichten van de Internationale Telegraaf-Unie.

Internationale telegrammen b.v. moesten worden overgeschreven en per koerier over de grens worden gebracht naar het volgende telegraafkantoor. Andere problemen bij deze volkomen nieuwe vorm van internationale betrekkingen waren het vastsstellen van prioriteiten en tarieven.

De overeenkomst die in 1865 werd ondertekend creëerde de Internationale Telegraaf-Unie en bracht daarmede gemeenschappelijke regels voor de Europese internationale telegraaf. Uniforme tarieven werden vastgesteld en de Franse goudfrank werd de munt waarmede de internationale rekeningen werden vereffend.

Deze historische bijeenkomst werd in 1868 gevolgd door een bijeenkomst in Wenen waar een voor de historie der internationale organisaties bijna even belangrijke beslissing werd genomen. Men kwam tot de oprichting van een hoofdkwartier met een secretariaat. Dit hoofdkwartier was gevestigd in Bern en werkte onder supervisie van de Zwitserse regering tot 1947. Hoewel het begin met 3 medewerkers bescheiden was te noemen werd hiermede toch een duidelijke ontwikkelingslijn voor de toekomst aangegeven.

Dan in 1876 de uitvinding van de telefoon door Alexander Graham Bell. In 1885 een zgn. Administratieve Conferentie in Berlijn waar de eerste voorzieningen werden getroffen ten behoeve van het internationale telefoonverkeer. De organisatie groeit.

Enige jaren later, in 1895 en 1896 de eerste draadloze uitzendingen waarmede de grootste omwenteling in de telecommunicatie-geschiedenis wordt ingeleid.

Werd de radio in het begin alleen maar gezien als een geavanceerde vorm van telegrafie, spoedig vond zijn verbreiding sneller plaats dan die van de moeder-uitvinding. Voor het eerst was er verkeer met schepen mogelijk! Even snel werd duidelijk dat ook de radio internationale regels nodig had.

In 1906 werd in Berlijn de eerste Radio-Conferentie gehouden, resulterende in de eerste internationale „Radio-Regulation" inhoudende het principe dat scheeps- en kustradiostations berichten van elkaar *moeten* aannemen. Het SOS-noodsignaal dateert uit dezelfde tijd. Het probleem van een effectieve radiocommunicatie op zee was hiermede verre van opgelost zoals in 1912 op dramatische wijze werd aangetoond toen de wanhopige telegrafist van de zinkende Titanic geen communicatiemogelijkheid had met een ander schip dat zich binnen reddingsafstand bevond, eenvoudig door het feit dat de telegrafist hiervan vrijaf had. Er was echter een begin gemaakt met de oplossing van het probleem.

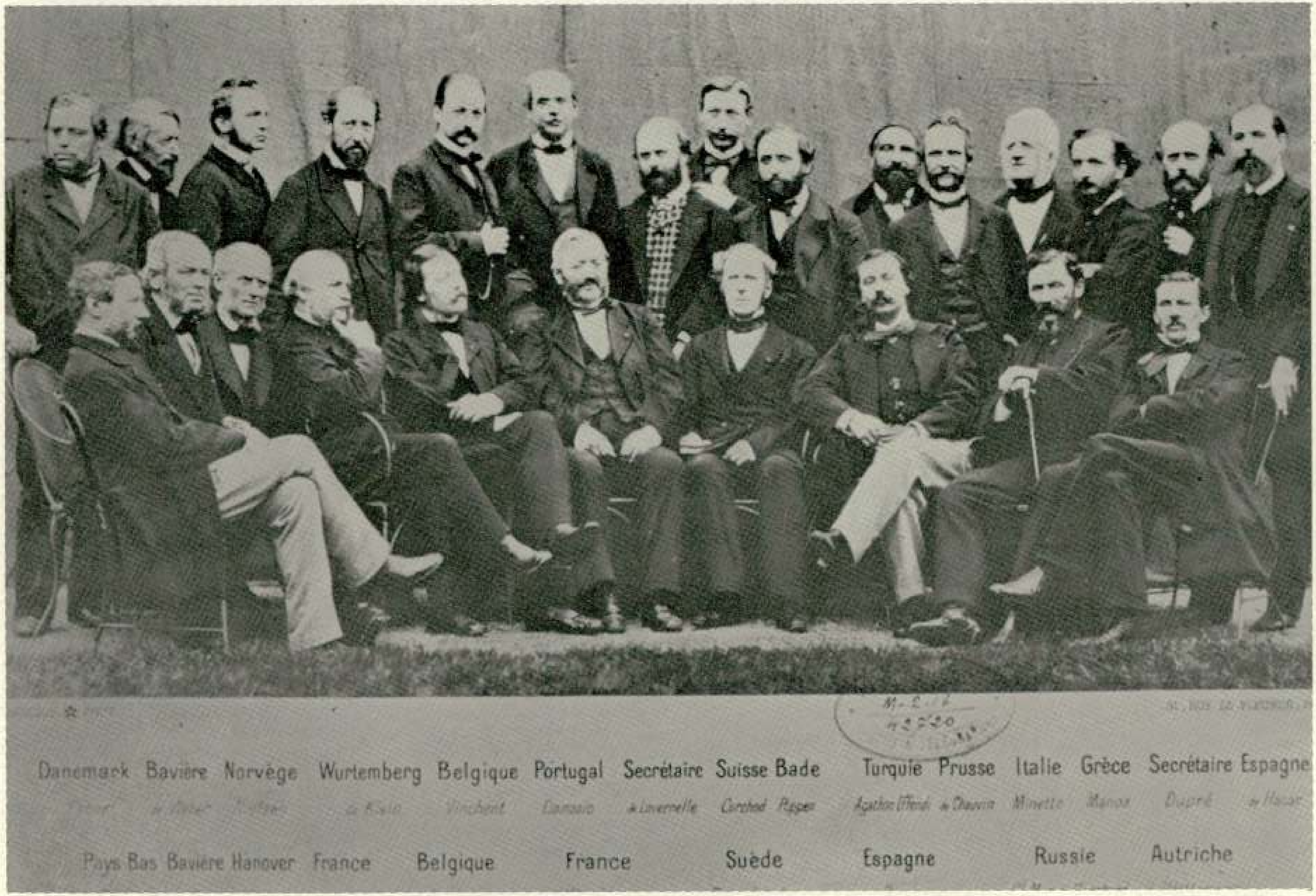
De eerste wereldoorlog stimuleerde in sterke mate de ontwikkeling van de radio, terwijl bovendien in de twintiger jaren de radio-omroep zijn intrede doet.

Dit alles gaf aanleiding tot een nieuwe problematiek: de frequentieverdeling. Aangezien het gebruik van de radio nog steeds toeneemt is deze frequentieverdeling, veertig jaar en vele conferenties later, nog steeds een van de zwaarste opgaven van de Unie. De eerste stap werd in 1927 in Washington gedaan, frequenties werden toegewezen aan elk van de verschillende radiodiensten, de maritieme en omroep-diensten inbegrepen.

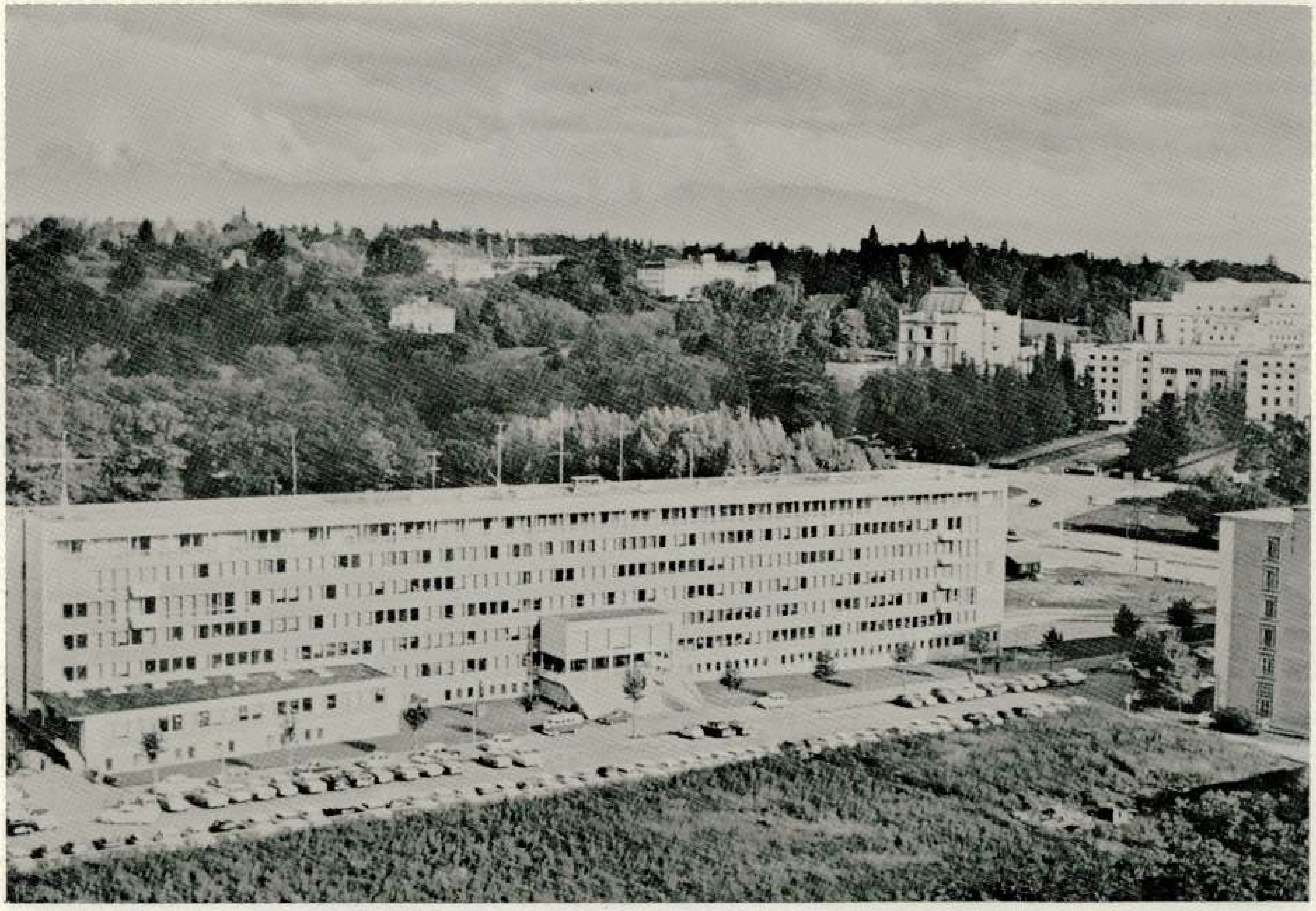
In 1932, in Madrid, werd de naam van de organisatie gewijzigd in Internationale Telecommunicatie Unie, waarmede ook in de naam de nieuwe verantwoordelijkheden tot uitdrukking worden gebracht.

De dertiger jaren brachten radar en televisie. De tweede wereldoorlog was een grote stimulans voor de technologische ontwikkeling terwijl de uitzendingen in deze oorlog het mensdom er eens te meer op attent maakten dat frequenties geen landgrenzen kennen. Het was niet moeilijk in te zien dat meer internationale afspraken zouden moeten worden gemaakt.

De bijeenkomsten in Atlantic City in 1947 waren dan ook bijzonder belangrijk. Doelstellingen van de Unie werden verruimd en gemoderniseerd. De Verenigde Naties erkennen de organisatie en het hoofdkwartier wordt verplaatst naar Genève. Als resultaat van de beslissingen genomen in Atlantic City herbergt



De afgevaardigden naar de conferentie in Parijs 1865



De zetel van de Internationale Telecommunicatie-Unie in Geneve

het hoofdkwartier van de ITU nu de staf van vier permanente organen: het Algemene Secretariaat, de International Frequency Registration Board (IFRB) en twee internationale advieslichamen die algemeen bekend zijn onder de initialen van hun Franse namen. Bedoeld worden het CCIR (Comité Consultatif International Radiotéléphonique) en het CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique).

De komst van de ruimtevaart luidde voor de ITU weer een nieuw tijdperk in, immers de exploratie van de ruimte door de mens hangt af van de radio. In 1963 werd dan ook in Genève een speciale wereld-ruimtecommunicatie-conferentie belegd waar meer dan 6000 MHz bandbreedte werd (mede)-bestemd voor deze toepassing.

Zo werd deze periode van 100 jaar, die begon met hen die een snellere internationale communicatie wensten, afgesloten door hen die de sterren van meer nabij willen aanschouwen.

GOONHILLY-BRISTOL, TELEFOONVERBINDING VOOR SATELLIET-GESPREKKEN

Een nieuwe microgolf telefoon- en televisieverbinding van grote capaciteit wordt door „Standard Telephones and Cables" aangelegd tussen Bristol en het communicatiesatellietstation in Goonhilly Down in Cornwall.

Het ligt in de bedoeling van de Britse PTT, de verbinding over een afstand van ongeveer 300 km in de lente van 1966 gereed te hebben. Tegen die tijd zal ook de tweede installatie van Goonhilly in gebruik worden genomen.

Voor de eerste maal zal in het Verenigd Koninkrijk hiermede een systeem worden gebruikt dat in de 6000 MHz-band werkt.

Dit nieuwe systeem zal aansluiten op de microgolfverbinding die op het ogenblik geïnstalleerd wordt tussen Bristol en de 180 meter hoge toren van het Britse PTT-gebouw in het hart van Londen.

CONTRACT VOOR ESRO 1-SATELLIET NAAR FRANKRIJK

ESRO (European Space Research Organization) heeft Laboratoire Central de Télécommunications S.A. in Parijs gekozen om de ESRO 1-satelliet te ontwikkelen. Voor de uitvoering van het programma zal LCT de Zwitserse firma Contraves A.G., Zürich en Bell Telephone Manufacturing Cy., Antwerpen, gebruiken.

Het contract houdt in het volledig ontwerpen en ontwikkelen van een satelliet, die tot doel zal hebben informatie te vergaren over de toestand van de ionosfeer in het Noordpool-gebied. Om dit wetenschappelijke doel te bereiken zal deze satelliet een minimum levensduur van zes maanden moeten hebben.

Het apogeum zal 1500 km zijn en het perigeum 275 km. De inclinatie zal 90° zijn, d.w.z. de satelliet zal in de polaire baan om de aarde lopen. In deze baan wordt de satelliet magnetisch gestabiliseerd.

De ESRO 1-satelliet zal volgens programma worden gelanceerd tegen het einde van 1967 door middel van een viertraps Scout-raket van de lanceerbasis in Point Arguello, Californië.

CONGRESSEN E.D.

Weitbereichs-Navigation in See, Luft- und Raumfahrt.

Van 26-31 augustus 1965 wordt in München dit symposium gehouden. Dit symposium draagt een internationaal karakter. Organisatie: Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation, Postfach 2622, Düsseldorf.

International Antenna and propagation symposium.

In Washington wordt op 30 en 31 augustus en 1 september 1965 een internationaal symposium gehouden over antennes en propagatie. Organisatie: The Institute of Electrical and Electronics Engineers; symposiumadres: Code 5330, US Naval Research Laboratory, Washington DC 20390.

Tagung Deutsche Arbeitsgemeinschaft Kybernetik.

In Kiel wordt van 31 augustus tot en met 3 september 1965 een nationaal symposium over cybernetica gehouden. Adres: Verband Deutscher Elektrotechniker, Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel.

Weltweiter Fernsprechverkehr.

Van 15 tot en met 17 september 1965 wordt door het NTG, nu VDE, in München een symposium gehouden aan dit onderwerp gewijd. Secretariaat: Dipl.-Ing. H. G. Thilo, Siemens und Halske A.G. Zentrallaboratorium, 8 München 25, Hofmannstrasse 51.

Salon International de la Radio et de la Télévision.

In 1965 wordt deze tentoonstelling in Parijs gehouden van 9-19 september 1965. Adres: Société pour la Diffusion des Sciences et des arts: 16 rue de Presles, Paris 15me.

Firato 65.

De 14e Internationale tentoonstelling van elektronica (radio en televisie) Firato 65 zal zoals thans bekend is van vrijdag 17 tot en met zondag 26 september a.s. in de nieuwe RAI te Amsterdam worden gehouden. Deze tentoonstelling draagt als ondertitel: „Perfectie in klank en beeld".

Stand und Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronenröhren.

Van 29 september tot en met 1 oktober 1965 wordt in Ulm dit NTG-congres, waar ook een aantal Nederlanders zullen spreken, gehouden. Secretariaat: Dipl.-Ing. M. Krämer, Telefunken A.G., Söflinger Strasse 100.

BOEKAANKONDIGINGEN E.D.

In de Siemens-reeks: Technische Mitteilungen Halbleiter verscheen weer een aantal afleveringen. De eerste handelt over „100°-Vertikalablenkung mit Germanium-Transistoren"; toegepast worden de transistoren AD 163 en AC 153. Ook over televisie-toepassingen gaan: „VHF-Fernsehtuner mit Mesa-Transistoren" en „Fernseh-ZF-Verstärker mit Mesatransistoren", Teil 1. Tenslotte nog twee andere onderwerpen n.l. „Transistor-NF-Verstärker mit eisenlosen Endstufen" en „Hochempfindlichter Gleichspannungsverstärker nach dem Modulationsprinzip mit Silizium-Kapazitätsdioden".

Kenneth Davies verzorgde voor het Nationtal Bureau of standards Monograph 80: „Ionospheric Radio Propagation". Deze uitgave is breder van opzet dan een vroegere uitgave, dankzij o.a. de informaties verkregen met behulp van ruimtevaartuigen en die verkregen gedurende het Internationale Geofysische Jaar.

„De Geschiedenis van de Menselijke Communicatie" is de Nederlandse bewerking van een oorspronkelijk in Zwitserland verschenen werkje dat werd geschreven door Maurice Fabre. Communicatie moet hier worden gelezen in de meest ruime betekenis en omvat de taal, de schrijfkunst, de drukkunst en de elektronische communicatiemiddelen. Hoewel de inhoud van het boekje voor een groot deel tegen ons vakgebied aanleunt, is het toch zeer lezenswaardig. De keurige uitgave, verschenen bij Scheltema en Holkema N.V., Amsterdam, telt 112 bladzijden inclusief 141 figuren. De prijs is *f* 14,50.

„From Semaphore to Satellite" is een werk met een verwante opzet. Het werd uitgegeven door de Internationale Telecommunicatie-Unie die zetelt in Genève. De Unie wil hiermede haar 100-jarig bestaan, waaraan reeds elders in dit nummer aandacht werd geschonken, markeren. De samensteller heeft zich bij het geven van een geschiedkundig overzicht van de telecommunicatie niet beperkt tot de 100-jarige ITU-periode. Ook uit de titel van het werk blijkt dit reeds, de semafoor immers werd reeds in de 18e eeuw volop toegepast.

Het boek valt uiteen in vier gedeelten:

Het eerste deel beschrijft de telegraaf- en telefoonperiode (1793-1932), het tweede de radioperiode (1888-1947), het derde deel bespreekt de lotgevallen van de Unie na de tweede wereldoorlog. Tot slot een toepasselijke terugblik op wat in 100 jaar werd bereikt.

Dit wel zeer belangrijke document werd samengesteld door Dr. A. R. Michaelis (Londen). De 365 foto's zijn grotendeels door de ITU-leden ter beschikking gesteld.

Het boek telt 343 bladzijden en is typografisch uitstekend verzorgd. De prijs is 40 Zw. frs.

BOEKBESPREKINGEN

Radio Receiver Design, part 1 (Radio Frequency Amplification and Detection) door K. R. Sturley, 3e druk, Chapman and Hall, Londen, 1965, 937 bladzijden, 343 figuren. Prijs 105 sh.

In een achttal hoofdstukken worden in dit eerste deel de elementen behandeld, waaruit een superheterodyneontvanger — voor omroepontvangst — is samengesteld. De bezitters van de 2e uitgave (1953) van dit boek zullen bij het doorbladeren van deze herziene uitgave veel vertrouwds terugvinden. In het tweede deel, waarvan de schrijver meldt dat het herzien van de tekst nagenoeg voltooid is, komen laagfrequent-versterking en voedingsschakelingen aan de orde, benevens wat voor televisie- en frequentiemodulatie-ontvangers karakteristiek is.
Het eerste hoofdstuk van het herziene Deel 1 heeft slechts geringe aanvullingen gekregen. Algemene begrippen zoals modulatie en detectie, ruisgetal, enz. worden besproken; amplitude-, frequentie-, fase- en impulsmodulatie krijgen elk aandacht.
Hoofdstuk 2 heet nu „Valves and transistors". Door het tegenwoordige gebruik van transistoren moest het geheel worden omgewerkt. Het aantal pagina's van dit hoofdstuk is daardoor ongeveer verdubbeld.
In hoofdstuk 3: „Aerials and aerial coupling circuits" is de paragraaf over de koppeling van antenne naar ontvanger opnieuw bewerkt, waarbij de ferrietantenne in de beschouwing werd opgenomen.
De daaropvolgende hoofdstukken, die handelen over hoogfrequent-versterking, frequentietransformatie, oscillatoren, middenfrequent-versterking en detectie van amplitude-gemoduleerde trillingen, verkregen enkele aanvullingen bij de bespreking van schakelingen, waarin tegenwoordig in plaats van buizen ook transistoren en halfgeleider-dioden worden gebezigd.
Hoewel de schrijver zich nogal eens tot gedetailleerde berekeningen in formule-vorm laat verleiden, vindt men gemakkelijk zijn weg in dit boek, daar steeds het onderwerp dat de aandacht gaat krijgen wordt omschreven, alvorens de schrijver zich er met uitvoerig rekenwerk verder in verdiept. Hierdoor wordt zowel aan degeen die voor het eerst van de inhoud kennis wil nemen, als ook aan de ontwerper die zich meer met bijzonderheden vertrouwd wil maken, veel wetenswaardigs geboden.
De wiskundige kennis, benodigd voor het lezen van dit boek, behoeft slechts elementair te zijn. Een enkele maal wordt van integraalrekening gebruik gemaakt.
De illustraties bestaan naast schema's uit een groot aantal grafische voorstellingen, zonder dat het boek het karakter van een handboek verkrijgt. De literatuurverwijzingen achter ieder hoofdstuk zijn in het algemeen van vóór 1953. Enkele nieuwere referenties naar literatuur tot 1961 zijn toegevoegd. De schrijver kan zich dit permitteren, omdat de behandelde materie conventioneel is.
Door het toepassen van een nieuw lettertype (varitype) heeft de uitgever de nieuwe uitgave aanzienlijk ooglijker gemaakt dan de vorige. Deze uitgave, die prettig leesbaar is, zal in Nederland wel spoedig een weg naar de geëigende lezerskring vinden.

K. V.

Schaltungen mit Halbleiter-Bauelementen, door Erich Gelder en Walter Hirchmann, Siemens & Halske A.G., München, 1964, 318 bladzijden, 175 figuren. Prijs DM 15,80.

Dit boek is een 2e, praktisch ongewijzigde, druk van een reeds eerder verschenen werk. Na een korte theoretische inleiding, wordt een groot aantal schema's van schakelingen met halfgeleiders gegeven, waarbij zelfs de spoelgegevens niet ontbreken.
Behandeld worden: Diverse laagfrequent-versterkers, transistoromvormers, oscillatoren, draaistroomgeneratoren, gelijkrichtschakelingen, multivibratoren, fotocelversterkers, meet- en regelschakelingen, meetapparaten, gestabiliseerde voedingsapparatuur en hoogfrequent-schakelingen. Dit laatste onderdeel krijgt met 16 blz. van de 318 iets te weinig aandacht.
Een alfabetische trefwoordenlijst verhoogt de bruikbaarheid van dit praktische naslag-werkje voor de middelbare elektronicus.

N. v. H.

Linear Electric Circuits, door W. L. Cassell, John Wiley & Sons, New York/Londen, 1964. Prijs 81 sh.

In de loop van de laatste jaren zijn in de Verenigde Staten een groot aantal boeken verschenen over de theorie der elektrische schakelingen. Enige hiervan behandelen vooral de algemene grondslagen, zoals deze gewoonlijk in een begincollege voor studenten in de elektrotechniek worden gedoceerd. De andere daarentegen behandelen de meer gevorderde netwerktheorie en zijn uiteraard meer voor de specialist bestemd.

Het nieuwe boek van Cassell neemt tussen deze beide groepen een tussenstelling in. Het behandelt niet alleen de grondbegrippen maar ook onderwerpen — en dit natuurlijk slechts op een vrij eenvoudige en meer beschrijvende manier — die men normaal alleen in meer gevorderde werken aantreft. Voorbeelden zijn: de synthese volgens Foster, de synthese volgens Cauer, de diagrammen van Bode en de moderne filtertheorie.

De taak, die de auteur zich blijkbaar bij het schrijven van zijn boek heeft gesteld, heeft hij op een goede wijze opgelost. Wij geloven echter niet dat het boek van Cassell, gezien de hierboven beschreven tussenstelling die het inneemt, geschikt is om in het Nederlandse hoger onderwijs als leerboek te kunnen dienen. Wèl geloven wij, dat het nuttig kan zijn voor de in praktijk staande ingenieur, die een eerste kennisname wil hebben van de methodiek der moderne netwerktheorie zonder dat hij zich op dit gebied wil specialiseren, en die anderzijds bij deze gelegenheid zijn kennis van de grondbegrippen van de theorie der elektrische schakelingen op een korte maar degelijke wijze wil opfrissen.

A. F.

Nonlinear Parametric Phenomena in Radio Engineering, door A. A. Kharkevich, Iliffe Books Ltd. Londen, 1965, 190 bladzijden, 151 figuren. Prijs 35 sh.

Dit boek van een Russisch auteur kwam in 1962 in Amerika uit, en is nu ook in Engeland verschenen in een door ILIFFE keurig verzorgde uitgave.

Het eerste hoofdstuk behandelt eenvoudige niet-lineaire netwerken, frequentievermenigvuldiging, gelijkrichting, f.m. en p.m. detectie, modulatie, menging.

Het tweede hoofdstuk behandelt het oscilleren, b.v. stabiliteitsvoorwaarden, zoals het Routh-Hurwitz criterium, de voorwaarden van Nyquist, en een analoge voorwaarde van Mikhaylov. Aangetoond wordt hoe bij een vijfde-graads-karakteristiek de evenwichtstoestand van de oscillator tot stand komt. De isoclinenmethode en het fasediagram worden uitgelegd, evenals het ontstaan van relaxatietrillingen.

Het derde hoofdstuk behandelt niet-lineaire en oscillerende systemen met uitwendige e.m.k.'s. Synchronisatie, ook met harmonischen of periodieke impulsen, en stabiliteitsvoorwaarden bij uitwendige e.m.k.'s worden besproken.

Het vierde hoofdstuk behandelt parametrische verschijnselen, eerst synchrone detectie (evt. gecombineerd met een RC-filter), dan iets over de vergelijking van Mathieu en de stabiele oplossingen ervan, en vervolgens frequentiedeling.

De behandeling van het klystron in hoofdstuk 3 valt wat buiten het kader, maar overigens valt het op, hoeveel op dit gebied aan het baanbrekend werk van van der Pol in de jaren 1920-'30 te danken is. Meer dan de helft van dit boek zou men in diens artikelen terug kunnen vinden. Blijkbaar is het werk van van der Pol in Rusland zo algemeen bekend, dat een verwijzing er naar overbodig geacht wordt.

Kharkevich's boek is dus weinig origineel, maar het is helder geschreven, en geeft een goed overzicht. Het kan als inleiding voor de ouderejaars studenten en ingenieurs goede diensten bewijzen.

F. L. S.

Uit het N.E.R.G.

NIEUWE LEDEN

Ir. F. Th. Backers, Helmerslaan 81, Eindhoven.
Ir. D. H. Bekkering, p/a Medisch Fysisch Instituut TNO, Da Costakade 45, Utrecht.
Th. W. Brink, Zaanstraat 70, Leiden.
Ir. A. van Brink, Diependaalse Drift 23, Hilversum.
Ir. L. J. M. Esser, St. Gerardusplein 12, Eindhoven.
Ir. J. M. Helder, Emmastraat 113a, Loosduinen.
Ir. L. H. M. Knops, Wilhelminalaan 87, Maasniel-Roermond.
W. le Mair, Vincent Cleerdinlaan 12, Aalst (N.B.).
Ir. F. H. Th. Pruyn, Jacoba van Beierenlaan 225, Delft.
Ir. C. J. F. Ridders, Breestraat 39, Delft.
Ir. T. J. Schep, Stieltjeslaan 16b, Rotterdam.
Ir. S. J. Valkenburg, Beneden Beekloop 17, Geldrop.
Ir. L. A. J. Verhoeven, Waardstraat 9, Geldrop.
A. J. R. Westbroek, Steenzicht 115, Den Haag.
J. Wieringa, Oude Kerkstraat 5, Utrecht.

VOORGESTELDE LEDEN

G. B. Deelman, Poptahof Noord 269, Delft.
Ir. H. M. J. Mevissen, Odolphusstraat 35, Delft.
Ir. A. Meyer, Deelenstraat 2, Geldrop.
Ir. R. J. Nienhuis, Grameystraat 24, Nijmegen.
Ir. R. C. Tan, Caspar Fagelstraat 10, Delft.
Ir. G. Verkroost, Thorbeckeplantsoen 3, Maastricht.
Ir. H. A. M. Wiggers, van Adrichemstraat 103, Delft.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. E. J. van Barneveld, Sansovinostraat 19, Eindhoven.
M. van Beveren, Fazantlaan 9, Leidschendam.
Ir. M. A. Bos, Gooilandseweg 111, Bussum.
Ir. J. van Buuren, Jan Mankeslaan 80, Heerenveen.
Prof. Dr. Ir. A. J. W. Duijvestijn, Soerenseweg 113, Apeldoorn.
Ir. J. N. A. M. van Gils, Engweg 11, Bunnik.
Prof. Ir. E. W. Gröneveld, Cort v. d. Lindenlaan 2a, Enschede.
P. J. Hooijmans, Spechtlaan 16, Leidschendam.
A. de Jong, Spechtlaan 12, Leidschendam.
Ir. G. A. Joosten, Sir Winston Churchilllaan 253, Rijswijk (Z.H.).
A. Koppenaal, Laan van Oostenburg 3, Voorburg (Z.H.).
Ir. C. Kraaij, Hertogenstraat 77, Wezembeek-Oppem (België).
Jhr. Ir. J. L. van Lidth de Jeude, Brink 6, Baarn.
Ir. F. Maarleveld, Van Boetzelaerlaan 36, Den Haag.
Ir. L. G. M. Muyen, Bleysstraat 65, Gouda.
Ir. C. J. Pluygers, Roland Holstlaan 21, Reeuwijk.
Ir. R. J. K. Schaaf, Waalsdorperweg 26, Den Haag.
Ir. J. J. Schreuders, Fazantlaan 20, Leidschendam.
Ir. A. F. Schwarz, Hendrik Tollensstraat 204, Delft.
Ir. M. Steffelaar, Tongelresestraat 15, Eindhoven.
Ir. L. P. J. Veelenturf, Gabriël Metsustraat 4, Enschede.
Ir. J. Verstraten, Neerlandstraat 16, Geldrop.

Ir. M. Weeda, Kruisstraat 92b, Eindhoven.
Dr. J. G. van Wijngaarden, c/o Matsushita Electronics Corp. Research Laboratory, Takatsuki, Osaka-fu, Japan.
W. A. J. M. Zwijsen, Magnoliastraat 2, Eindhoven.

OVERLEDEN

Sir Edward Appleton, The Old College, Southbridge, Edinburgh 8.
D. Pasma, Bertelindislaan 8, Waalre (N.B.).

Dit nummer werd gedrukt op 14 juli 1965.